

Řízení stanice odběru vzorků sypkých materiálů

Control system for bulk materials sampling station

Martin Podstawka

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Slanina, Ph.D.

Ostrava, 2021

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a implementací aplikačního softwaru pro řízení stanice odběru vzorků uhlí, která je součástí přístavního komplexu. Téma práce bylo vytvořeno ve spolupráci s firmou Ingeteam a.s., která specifikovala požadavky na provedení, poskytla potřebné podklady a prostředky. Vytvořený návrh a implementace zahrnuje software pro simulaci technologie, vizualizaci a řídicí PLC program. Simulace je vytvořena v prostředí softwaru WinMOD. Řídicí logika a vizualizace je vytvořena pomocí TIA Portal V16.0.

Klíčová slova

PLC, HMI, simulace průmyslové technologie, automatizace, vzorkovací stanice, sypké materiály, uhlí

Abstract

The diploma is thesis focused on the design and implementation of application software for the control of a coal sampling station, which is part of the port complex. The topic of the work was created in cooperation with the company Ingeteam a.s., which specified the requirements for implementation, provided the necessary documents and resources. The created design and implementation includes software for technology simulation, visualization and PLC control program. The simulation is created in the WinMOD software environment. Control logic and visualization is created using TIA Portal V16.0.

Key words

PLC, HMI, industrial technology simulation, automation, sampling station, bulk materials, coal

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomáhali při tvorbě této práce. Dále bych rád poděkoval rodině a blízkým, kteří mě v průběhu studia podporovali a povzbuzovali.

Obsah

Seznam obrázků	6
Seznam tabulek.....	8
Seznam použitých zkratk	9
Úvod.....	10
1 Vzorkovací stanice	12
1.1 Popis funkcionality stanice	13
1.2 Popis částí vzorkovací stanice.....	13
2 Návrh PLC programu	17
2.1 Obecný popis PLC	17
2.2 Možnosti programování PLC	18
2.3 Standard programování.....	18
2.3.1 I/O listina (IOList).....	19
2.3.2 Definiční listina objektů (DefList)	19
2.3.3 Definiční listina struktur (DefListMAIN)	20
2.3.4 Interlocks (Podmínky provozu).....	21
2.3.5 Operační režimy	21
2.3.6 SIMATIC safety.....	22
2.4 Sekvence pro vzorkovací stanici	22
2.4.1 Startovací sekvence	22
2.4.2 Vypínací sekvence	24
2.4.3 Sekvence pro odběr vzorku	26
2.5 TIA portal v16.0	29
2.6 Hardwarová konfigurace	29
2.6.1 Zařízení na síti.....	31
2.7 Návrh řídicího programu pro vzorkovací stanici	32
2.7.1 Vytvoření objektů a jejich skupin	32
2.7.2 Vytvoření instancí bloků	32
2.7.3 Napojení adres a vytvoření proměnných	34
2.7.4 Implementace návrhu sekvencí a řídicího kódu	35
2.7.5 Parametry	39
2.7.6 Safety	39
2.7.7 Generování signálu pro HMI.....	41
2.8 Návrh odesílání dat do nadřazeného systému	41

2.8.1	Přijímání příkazů pro odběr vzorku	42
3	Simulace	43
3.1	Využití v průmyslu	43
3.2	Realizace simulace vzorkovací stanici v prostředí WinMOD	44
3.2.1	HW konfigurace	44
3.2.2	Import symbolických a fyzických adres	46
3.2.3	Nástroje pro tvoření simulace	46
3.2.4	Makra.....	46
3.2.5	Napojení a ovládání proměnných	47
3.2.6	Lokální kontrolní boxy (LCB)	47
3.2.7	Bezpečnostní prvky.....	48
3.2.8	Vytvoření logiky a otestování simulace	48
4	Návrh a realizace vizualizace	49
4.1	WinCC	49
4.2	Knihovna HMI objektů.....	49
4.2.1	Vyskakovací okna (PopUpy).....	49
4.3	Inscape.....	50
4.4	Hlavní obrazovka HMI vzorkovací stanice	51
4.4.1	Napojení HMI tagů na grafické objekty	52
4.4.2	VB skripty.....	52
5	Testování systému	53
5.1	PLC	53
5.2	Simulace	53
5.3	Vizualizace	53
5.4	Test systému.....	53
Závěr		55
Použitá literatura		58
Seznam příloh		I

Seznam obrázků

Obr. 1 - Popis vzorkovací stanice	12
Obr. 2 - Vzorkovací kladivo	13
Obr. 3 - Rotační dělič	14
Obr. 4 - Jednoválcový mlýn	15
Obr. 5 - Otočný dělič.....	15
Obr. 6 - Kolektor vzorků.....	16
Obr. 7 - Blokové schéma PLC	17
Obr. 8 - Ukázka IOListu	19
Obr. 9 - DefList.....	19
Obr. 10 - DefListMAIN	20
Obr. 11 - Popis operačních režimů	21
Obr. 12 - Sekvence pro START	23
Obr. 13 - Sekvence pro STOP	25
Obr. 14 - Vzorkovací kladivo pozice 0.....	26
Obr. 15 - Vzorkovací kladivo pozice 1.....	26
Obr. 16 - Vzorkovací kladivo pozice 2.....	27
Obr. 17 - Vzorkovací kladivo pozice 3.....	27
Obr. 18 - Sekvence pro SAMPLE	28
Obr. 19 – HW konfigurace celého projektu.....	29
Obr. 20 - Detail hardwarové konfigurace	30
Obr. 21 - ET se safety kartami	31
Obr. 22 - Konfigurace IODEVICE.....	31
Obr. 23 - Konfigurace safety IODEVICE	31
Obr. 24 - Popis stromu objektů	32
Obr. 25 - Struktura projektu v TIA	33
Obr. 26 - Instancovaný FB pro SS1_83_MA07.....	33
Obr. 27 - FB s napojenými adresami.....	34
Obr. 28 - FB s napojením proměnné z MA07	35
Obr. 29 - Ukázka DB v TIA.....	35
Obr. 30 - Start sampling station 1.....	36
Obr. 31 - Reset Run Request TurnDiv	37
Obr. 32 - Run Interlock Belt200.....	37
Obr. 33 - Vytváření statusů.....	38
Obr. 34 - Warning Belt200.....	38
Obr. 35 - Safety DBs.....	39
Obr. 36 – EmStpBtn	40
Obr. 37 – EmStpBtn nonsafety	40
Obr. 38 - HMI signály	41
Obr. 39 - Zápis pomocí BLKMOV	41
Obr. 40 - Schéma připojení řídicího systému na technologii	43
Obr. 41 - Řídicí systém napojený na simulační software.....	44
Obr. 42 - WINmod profinet	45
Obr. 43 - WINmod IODEVICE konfigurace	45
Obr. 44 - WINmod načtení HW konfigurace.....	45
Obr. 45 - Ukázka simulační HW konfigurace	46
Obr. 46 - WINmod DrvOnOff	47

Obr. 47 - Proměnné simulace	47
Obr. 48 - Word WINmod	47
Obr. 49 - Analog WINmod	47
Obr. 50 - LCB kolektor.....	48
Obr. 51 - Bezpečnostní relé K254	48
Obr. 52 - Simulace kolektor	48
Obr. 53 - Součásti ikony zařízení Hamm	49
Obr. 54 - Popup TurnDiv.....	50
Obr. 55 – Postup skládání objektů	50
Obr. 56 - Hlavní obrazovka vzorkovací stanice	51
Obr. 57 – Napojení HMI tagů.....	52
Obr. 58 - HMI VB script.....	52
Obr. 59 - Ukázka popupu brake.....	54

Seznam tabulek

Tab. 1 – Vstupní a výstupní karty	30
Tab. 2 – Parametry pro SpdMon	39
Tab. 3 - Proměnné v komunikačním DB	39
Tab. 4 - Data pro identifikaci vzorku.....	42

Seznam použitých zkratk

PLC	Programovatelný logický automat
HMI	Rozhraní mezi člověkem a strojem
HW	Hardware
SW	Software
IL	Podmínka běhu
PC	Osobní počítač
BTN	Tlačítko
EM	Nouzový
IP	Internetový protokol
I	Vstup
O	Výstup
DB	Datový blok
AI	Analogový vstup
AO	Analogový výstup
Stp	Zastavení
Str	Start
ŘS	Řídicí systém

Úvod

Tato práce se zabývá návrhem a implementací řídicího programu, vizualizace a simulace pro stanici odběru vzorků sypaných materiálů. Stanice je součástí velkého přístavu určeného pro nakládku nákladní lodí sypaným materiálem, jako je například uhlí. Řídicí systém, jehož součástí je ovládání vzorkovací stanice, má za úkol obsluhu několika tisíc vstupů a výstupů. Komplex je situován v Ruské federaci nedaleko Vladivostoku. Soustavou pásů a dalších pomocných zařízení protéká velké množství materiálu, které je do systému dopraveno pomocí nákladní vlakové dopravy. V případě vzorkovací stanice, kterou se zabývá tato práce se jedná o uhlí. Uhlí je v přístavu skladováno nebo rovnou nakládáno na obrovské nákladní lodě určené pro další přepravu. V jedné z posledních částí soustavy, která vyúsťuje zařízením určeným pro přesun materiálu na loď dochází k odběru vzorků pomocí vzorkovací stanice. Stanice má tedy za úkol na povel vytvořený buď samotným řídicím systémem nebo operátorem vzorek odebrat, zpracovat, uložit a odeslat záznam o vzorku nadřazenému systému.

Zadání práce bylo vytvořeno ve spolupráci s firmou Ingeteam a.s. Všechny nároky na práci nejsou tedy řízeny obecnými pravidly a prostředky, ale i pravidly a standardy firemními. Návrh všech částí je pojat tak, aby bylo možno na základě komunikace se zákazníkem nebo přirozeným vývojem jednoduše a flexibilně upravovat způsob provedení.

Cílem práce je tedy návrh a implementace řízení systému pomocí PLC. Jelikož je vzorkovací stanice, jak bylo zmíněno výše, součástí přístavního komplexu jsou vypracované části popsány v kontextu celého systému, což sice prohlubuje obtížnost návrhu, ale zároveň maximálně popisuje, jak probíhá implementace řízení velkých průmyslových procesů v komerčním světě. Práce popisuje ty části, které byly vypracovány samostatně a následně byly zakomponovány do celého řídicího systému.

Práce na návrhu a implementaci je rozdělena do tří hlavních částí. Řídicího systému, vizualizace a simulace. Dalšími neméně důležitými částmi jsou popis technologie, otestování systému a dokumentování návrhu.

První část této diplomové práce se zabývá popisem jednotlivých částí vzorkovací stanice. Jednotlivé komponenty budou vyrobeny a dodány firmou SIEBTECHNIK. Všechny další návrhy se tedy dovíjejí od tohoto popisu.

Druhá část práce popisuje návrh, popis jednotlivých standardů programování a jejich následnou implementaci. Celý systém řízení vzorkovací stanice je navržen v prostředí TIA. Zahrnuje konfiguraci hardwaru, vytvoření komunikačního rozhraní a implementaci řídicího programu. V kapitole je věnována část pro návrh sekvencí, které jsou stěžejní částí návrhu řídicí logiky. Využitý hardware i software jsou od firmy SIEMENS.

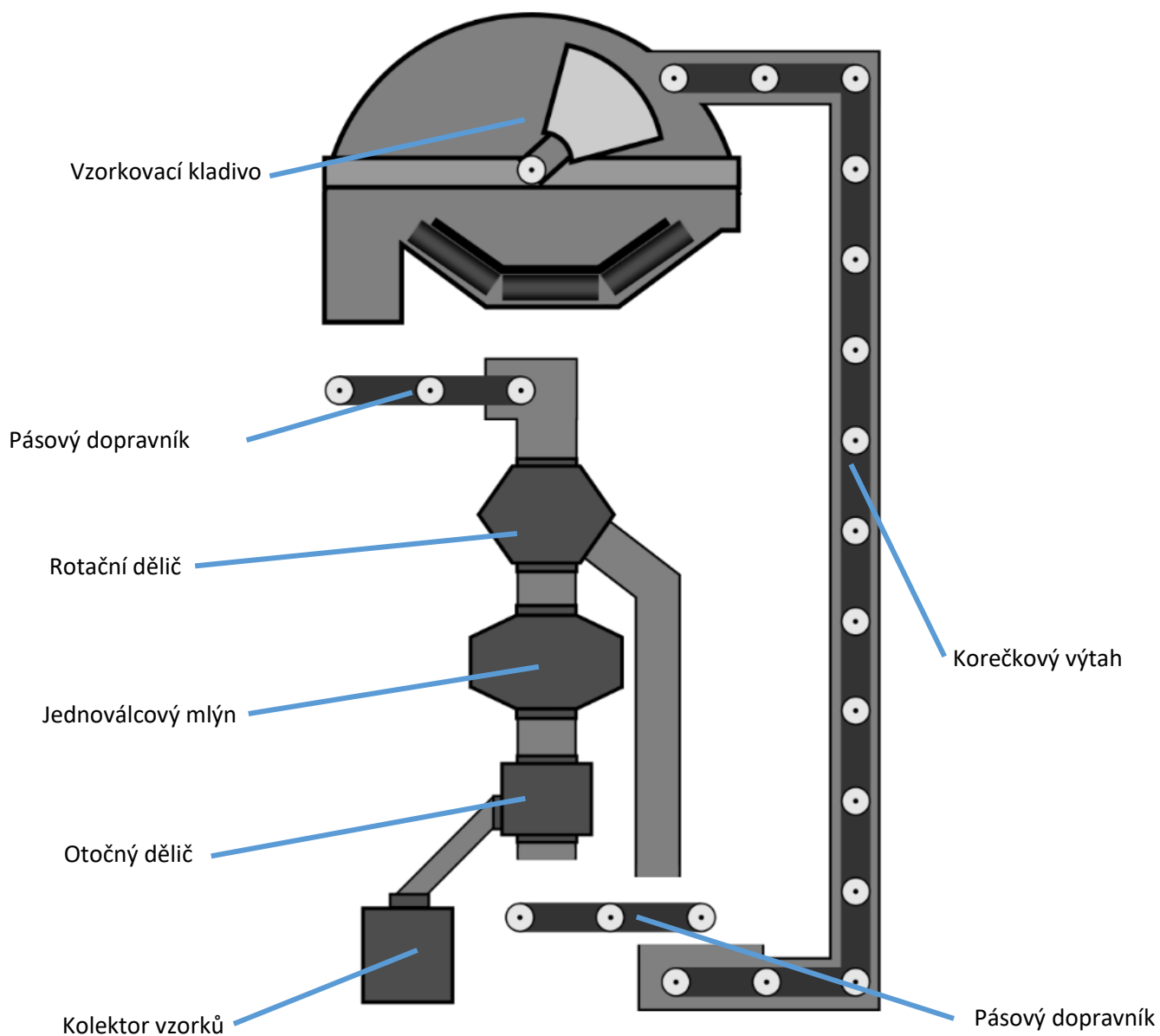
Další část práce se zabývá návrhem a implementací simulace. Kapitola popisuje hlavní výhody využití simulačních programů při návrhu řídicího systému pro průmyslové instalace. Tou hlavní je, že vývoj může probíhat bez nutnosti napojení systému na reálnou technologii. Kapitola popisuje možnosti simulace a jejich následné využití při vytvoření simulační logiky pro vzorkovací stanici. Dále je v kapitole uveden způsob komunikace s PLC.

Čtvrtá kapitola popisuje návrh a implementaci HMI. Tato část byla vytvořena podobně jako ta předchozí v prostředí TIA. Tentokrát však v nadstavbě WinCC. Kapitola popisuje postup vytváření jednotlivých grafických objektů, vyskakovacích oken a jejich napojení na proměnné.

Práce zahrnuje i dokumentaci, která byla pojata formou úvodních kapitol do jednotlivých problematik návrhu systému, jelikož se v práci vyskytují veškeré informace o konfiguracích HW a SW, jednotlivých charakteristikách řízených prvků, diagramy a způsoby programování. Dále je v práci popsán i způsob testování, který při vývoji vždy probíhal po dokončení uceleného oddílu.

1 Vzorkovací stanice

Vzorkovací stanice je soustava zařízení určená k odběru vzorků sypkých materiálů. Stanice má za úkol sebrat vzorek z pásového dopravníku a následně jej zpracovat a uložit pro jeho testování. Schéma znázorněné na obrázku č. 1 popisuje jednotlivé moduly stanice.



Obr. 1 - Popis vzorkovací stanice

1.1 Popis funkcionality stanice

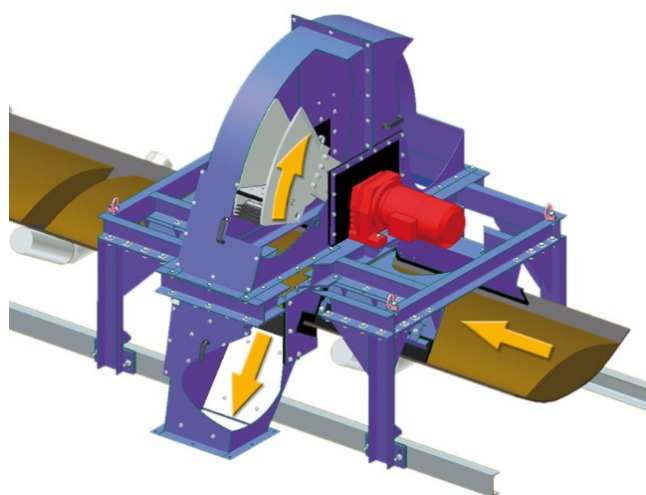
Vzorkovací stanice je umístěna v přístavu, který je určen k nakládání lodí uhlím a dalšími sypkými materiály. Stanice, které je věnována tato práce je určena pouze k odběru vzorků uhlí z pásového dopravníku.

Po odběru vzorku pomocí vzorkovacího kladiva (HPN1600) je odebraný materiál pomocí pásového dopravníku (DFB400) přesut do prvního děličího zařízení (ROT630), které rozdělí materiál v žádaném poměru. Většina materiálu je v děliči vyřazena z dalšího zpracování a padá na pásový dopravník (DFB200). Menší část materiálu padá do mlýnu (EW30), který uhlí rozemele na menší části. Následně je materiál rozdělen podle požadovaného poměru v druhém děliči (DKT390). Většina opět padá na dopravník (DFB200), který přesouvá materiál do korečkového výtahu (WB250), který dopravuje uhlí zpátky na hlavní dopravník. Zbytek materiálu padá do kontejneru ve sběrači vzorků (S6/20). Sběrač vzorků zaznamená vytvoření nového vzorku a pomocí RFID jej identifikuje s konkrétním kontejnerem. Celý proces se opakuje v závislosti na čase, na objemu protečeného materiálu na hlavním pásovému dopravníku nebo na základě manuálního pokynu.

1.2 Popis částí vzorkovací stanice

Vzorkovací stanice se skládá z modulů, které lze podle potřeby kombinovat v závislosti na odebíraném materiálu a lokace instalace. Jednotlivé moduly jsou pak složeny z motorů, jejich ovládacích prvků, snímačů a dalších zařízení, které umožňují monitoring a řízení.

Vzorkovací kladivo (HPN1600)



Obr. 2 - Vzorkovací kladivo

Vzorkovací kladivo (viz Obr. 2) se skládá z hlavního motoru, brzdy, ohřevu, dvou indukčních snímačů a lokálního ovládací skřínky (LCB).

Motor slouží k pohonu kladiva při odběru vzorků. Odběr vzorků je tak rychlý, že k řízení nestačí cyklus PLC, jelikož musí v dané instalaci obsluhovat několik tisíc I/O. K řízení bude tedy využit systém Simocode, který na příkaz PLC vykoná základní rutinu a jeho programování není předmětem této práce. Brzda slouží k zabrzdění kladiva po odebrání vzorku. Indukční snímače mají za úkol

detekovat kladivo v prostorů hlavního pásu. Ohřev svým chodem zabraňuje kondenzaci vlhkosti v motoru v případě jeho neaktivního stavu.

LCB slouží k manuálnímu ovládání kladiva z bezprostřední blízkosti v případě nestandardních situací nebo případnému stisknutí stop bezpečnostního tlačítka.

Pásový dopravník (DFB400)

První pásový dopravník se skládá z motoru ovládaného měničem, snímačem rychlosti, bezpečnostního relé, ohřevu a LCB. Měničový motor umožňuje případnou regulaci dávkování odebraného materiálu do dalších částí vzorkovací stanice. Snímač rychlosti pásu poskytuje zpětnou vazbu. Ohřev zabraňuje vzniku kondenzace. Bezpečnostní relé odpojí zařízení od napájení v případě nestandardní situace.

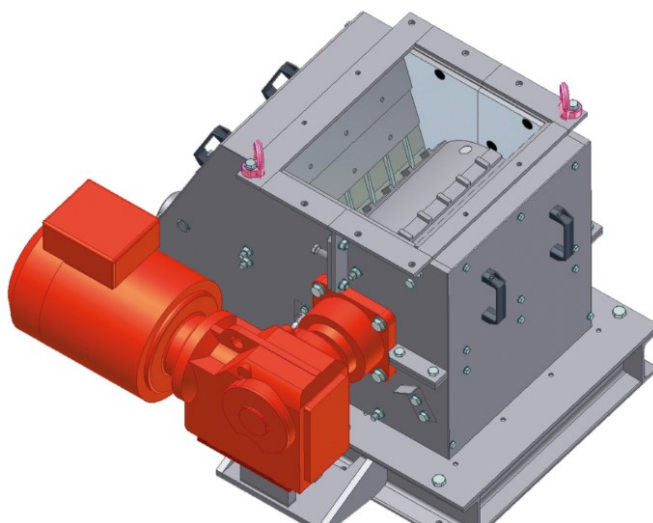
Rotační dělič (ROT630)



Obr. 3 - Rotační dělič

Rotační dělič (viz Obr. 3) se skládá z motoru ovládaného měničem, indukčního snímače, brzdy, ohřevu, bezpečnostního relé a LCB. Motor pohání disk s kapsami, které mohou mít různé rozměry, které určují poměr rozdělení materiálu. Disk lze natočit tak, aby do dalšího modulu vzorkovací stanice nepropadával další materiál a veškerý obsah je tedy posílán zpátky na hlavní pás. Tato pozice je nastavena pomocí indukčního snímače. Brzda slouží k zabrzdění motoru, a tedy udržení disku v určité pozici. Ohřev zabraňuje vzniku kondenzace. LCB se stop bezpečnostním tlačítkem a bezpečnostní relé slouží k ovládání a odpojení zařízení při nestandardních citacích.

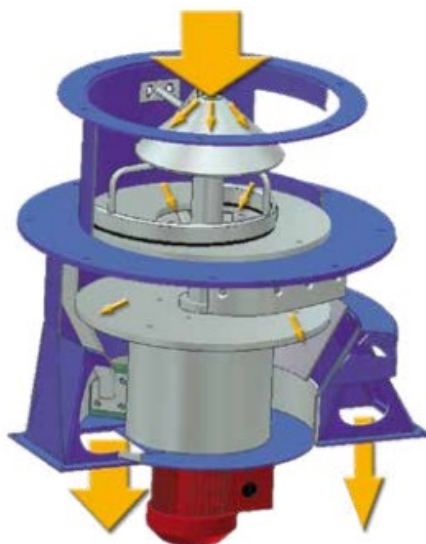
Jednoválcový mlýn (EW30)



Obr. 4 - Jednoválcový mlýn

Jednoválcový mlýn (viz Obr. 4) je složen z motoru, ohřevu, senzorem naplnění, bezpečnostního relé a LCB. Motor pohání mlecí válec, který drtí odebrané uhlí na drobnější části. Mlýn by se neměl spouštět ani vypínat v případě přítomného materiálu. Z toho důvodu je zde vibrační snímač úrovně naplnění. Ohřev předchází vzniku kondenzace. Dále jsou k dispozici bezpečnostní relé a LCB, které plní stejný úkol, jako u předchozích zařízení.

Otočný dělič (DKT390)



Obr. 5 - Otočný dělič

Otočný dělič (viz Obr. 5) disponuje motorem, ohřevem a LCB. Motor pohání otočný mechanismus, který rozdrčený materiál rozděljuje podle požadovaného poměru, kde většinu posílá

zpátky na pásový dopravník a zbytek do kolektorů vzorků. Ohřev zabraňuje vzniku kondenzace. Dále jsou k dispozici bezpečnostní relé a LCB.

Pásový dopravník (DFB200)

Druhý Pásový dopravník se skládá z motoru, ohřevu, snímače rychlosti, LCB a bezpečnostním relé. Funkcionalita pásu je velmi podobná prvnímu dopravníkovému pásu. DFB200 má však na své lokální kontrolní skřínce stop bezpečnostní tlačítko.

Kolektor vzorků (S6/20)



Obr. 6 - Kolektor vzorků

Kolektor vzorků (viz Obr. 6) je skladištěm odebraného materiálu. Skládá se z motoru, brzdy, ohřevu čtyř indukčních čidel, RFID čtečky, LCB a bezpečnostního relé. Motor pohání karusel, na kterém je uloženo 6 kontejnerů na vzorky s RFID čipy. Pozice jednotlivých kontejnerů je určována pomocí indukčních čidel a detekčních plošek na karuseli. Další dvě indukční čidla slouží k detekci uzavření dvířek, které slouží jako přístup ke kontejnerům. RFID čtečka má za úkol spojit jednotlivé kontejnery s konkrétními odběry vzorků. V tomto případě je LCB využíváno jako ovládací prvek v případě potřeby výměny plných kontejnerů za prázdné. Bezpečnostní prvky stop tlačítko a relé plní stejnou funkci, jako u dalších zařízení.

Korečkový výtah (WB250)

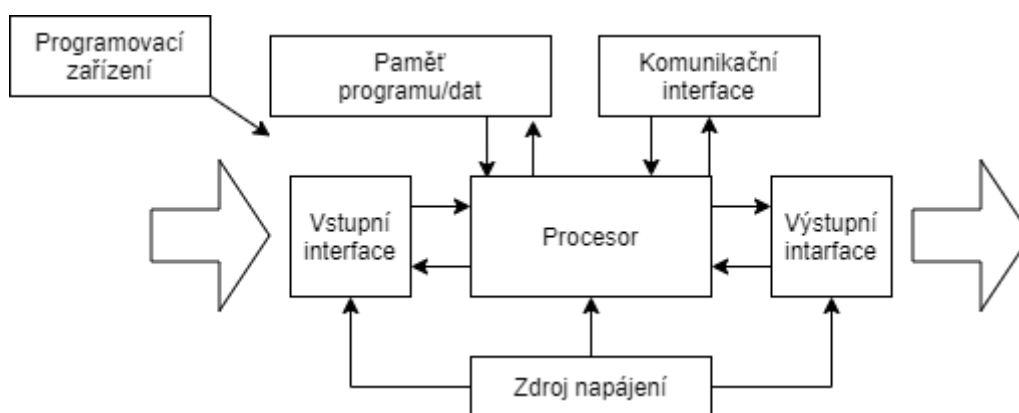
Korečkový výtah je složen z motoru, ohřevu, snímače rychlosti, LCB a bezpečnostního relé. Ačkoli to nemusí být na první pohled zřejmé, je tento modul z pohledu řízení velmi podobný pásovému dopravníku. Je tedy poháněn motorem a má za úkol přesun materiálu z DFB200 na hlavní pásový dopravník. [7]

2 Návrh PLC programu

PLC je malý programovatelná logický kontrolér určený pro řízení automatických procesu v reálném čase. Je pro něj charakteristický běh v cyklech a konstrukční uzpůsobení pro řízení technologických procesů.

2.1 Obecný popis PLC

Hlavním hardwarovým prvkem PLC je procesorová jednotka spolu s pamětí, zdrojem napájení, vstupně/výstupními sekcemi a komunikačním rozhraním. Blokové schéma na obrázku č. 7 znázorňuje jeho podrobnější popis. [1] [2]



Obr. 7 - Blokové schéma PLC

- **Procesorová jednotka** – obsahuje mikroprocesor zodpovídající za vykonávání programu, zpracování vstupů a ovládání výstupů.
- **Paměť** – obsahuje instrukce pro procesor.
- **Zdroj napájení** – převádí střídavé napětí na stejnosměrné a napájí moduly PLC.
- **Vstupní/výstupní interface** – rozhraní pomocí kterého procesor ovládá, nebo komunikuje s externími zařízeními. Vstupní signály většinou pocházejí z různých typů senzorů jako tepelný, průtokový nebo například tlakový senzor. Často jsou zdrojem i signály z tlačítek a přepínačů z lokálních skříněk. Výstupní signály ve většině případů slouží k ovládání různých akčních členů jako ventily, motory nebo například stykače a relé. Výstupní signály slouží i k ovládání různých signalizačních zařízení jako sirén a světelných signalizací.
- **Komunikační interface** – slouží k výměně informací po komunikačních sítích. PLC může díky němu komunikovat s ostatními PLC, HMI, s periferiemi nebo nadřazenými systémy.

2.2 Možnosti programování PLC

Způsob neutrálního programování a vlastnosti průmyslových automatů je definován podle standardu pod označením IEC 61131 (dříve IEC 1131). Standard je složen z těchto částí:

- Všeobecné informace (Definice pojmů a vlastností)
- Požadavky na zařízení a zkoušky
- Programovací jazyky
- Podpora uživatelů
- Komunikace
- Programování fuzzy řízení
- Pokyny pro implementaci programovacích jazyků

Programovací jazyky uzpůsobené pro PLC jsou definovány podle standardu „IEC 61131–3 Programovací jazyky“. Jazyky jsou se řídí těmito vlastnostmi:

- Přenositelnost mezi různými výrobci PLC
- Unifikovaný programátorský přístup
- Modularita a strukturovanost

Nejpoužívanější jazyky můžeme rozdělit do dvou množin podle způsobu jejich implementace: Grafické:

- LD – Ladder diagram
- FBD – Function block diagram
- SFC – Sequential function chart

Algebraické:

- ST – Structured text
- IL – Instruction list

Ve střední Evropě převládá při programování automatů jazyk FBD v kombinaci s SL.

Na severoamerickém kontinentu převládá LD. Za zmínku stojí jazyk SFC, který je poměrně silně zakotven ve Francii. [3] [4]

2.3 Standard programování

Návrh a implementace veškerých částí diplomové práce probíhalo ve spolupráci s firmou Ingeteam a.s. na bázi standardního procesu osvědčeného mnoha zakázkami, které prošly ve firmě od návrhu, přes vývoj a testování až po následnou reálnou implementaci. V následující kapitole jsou popsány jednotlivé pojmy, nástroje a postupy. Jejich pochopení a využití je stěžejní částí realizace této diplomové práce.

2.3.1 I/O listina (IOList)

Jedná se o dokument popisující veškeré vstupy a výstupy, které jsou využity pro řízení zařízení prostřednictvím PLC. Dokument je generován při návrhu elektrických obvodů. Každý I/O má přiřazenou symbolickou a fyzickou adresu. IOList, jehož část je zobrazena na obrázku č. 8 je využit k importu adres pro PLC a simulaci. Na jeho základě jsou tvořeny i objekty pro DefList.

	SIGNAL TYPE	IO address	IO type	IO station name	IO object name	OBJECT DESCRIPTION DEFLIST
3396	DI	I2230.1	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA06_EB01	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Sample Collector S6/20 Drive Motor - Space Heater
3397	DI	I2230.2	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MB06	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Sample Collector S6/20 Drive Motor Brake
3398	DI	I2230.3	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MB06	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Sample Collector S6/20 Drive Motor Brake
3399	DI	I2230.4	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA07	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Belt Conveyor DFB200 Drive Motor
3400	DI	I2230.5	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA07	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Belt Conveyor DFB200 Drive Motor
3401	DI	I2230.6	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA07_EB01	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Belt Conveyor DFB200 Drive Motor - Space Heater
3402	DI	I2230.7	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA08	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Bucket Elevator WB250 Drive Motor
3403	DI	I2232.0	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA08	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Bucket Elevator WB250 Drive Motor
3404	DI	I2232.1	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA08_EB01	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Bucket Elevator WB250 Drive Motor - Space Heater
3441	DO	Q2243.6	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA01	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Hammer Sample Taker HPN1600 Drive Motor
3442	DO	Q2243.7	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA01_EB01	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Hammer Sample Taker HPN1600 Drive Motor - Space Heater
3443	DO	Q2244.0	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MB01	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Hammer Sample Taker HPN1600 Drive Motor Brake
3444	DO	Q2244.1	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA02	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Belt Conveyor DFB400 Drive Motor
3445	DO	Q2244.2	BOOL	==100-PCS++TT5+A11	SS1_83_MA02_EB01	Jetty Interconnection - Sampling Station 1 - Belt Conveyor DFB400 Drive Motor - Space Heater

Obr. 8 - Ukázka IOListu

2.3.2 Definiční listina objektů (DefList)

Definiční listina je tabulka jednotlivých zařízení, pro které bude navržen a následně implementován řídicí program. Tabulka je vytvořena na základě I/O listiny. Každé zařízení je definováno jako objekt podle jeho charakteristických vlastností. Například motor, který lze řídit pouze stavy vypnuto/zapnuto je definován podle struktury „DrvOnOff“. V případě digitálního měření je definice objektu podle struktury „DgMeas“. Každé zařízení má dále přiřazen unikátní symbol. V případě, že je zařízení součástí většího celku je to definováno pomocí prefixu „Sub“. Z obrázku č. 9 vyplývá, že ohřev SS1_83_MA02_EB01 je součástí struktury SmpIStBelt, konkrétně objekt SS1_Belt400.

Group	Symbol	Struct	Description
SS1	SS1_Hamm	SmpIStHamm	Sampling Station 1 - Hammer Sample Taker HPN1600
SS1_Hamm	SS1_83_S211	Sf_EmStpBtnSw	Hammer Sample Taker HPN1600 - Emergency Stop Push Button
SS1_Hamm	SS1_83_MA01	SubSmcd	Drive Motor - SIMOCODE
SS1_Hamm	SS1_83_MA01_ProfiSafe	Sf_ProfiSafe	Profi Safe
SS1_Hamm	SS1_83_MB01	SubBrake	Drive Brake
SS1_Hamm	SS1_83_MA01_EB01	SubDrvOnOff	Hammer Sample Taker HPN1600 Drive Motor - Space Heater
SS1_Hamm	SS1_83_BG02	DgMeas	Hammer Sample Taker HPN1600 - Position in Hammer Area
/IO_list	SS1_83_S210		Hammer Sample Taker HPN1600 - Local Control Box
SS1	SS1_Belt400	SmpIStBelt	Sampling Station 1 - Belt Conveyor DFB400
SS1_Belt400	SS1_83_K64	Sf_EmStpRly	Belt Conveyor DFB400 - Group Safety Off
SS1_Belt400	SS1_83_BS04	SpdMon	Belt Conveyor DFB400 - Speed Monitoring
SS1_Belt400	SS1_83_MA02	SubVfdPC	Belt Conveyor DFB400 Drive Motor
SS1_Belt400	SS1_83_MA02_EB01	SubDrvOnOff	Belt Conveyor DFB400 Drive Motor - Space Heater
SS1	SS1_RotDiv	SmpIStDiv	Sampling Station 1 - Rotary Divider ROT630
SS1_RotDiv	SS1_83_S214	Sf_EmStpBtnSw	Rotary Divider ROT630 - Emergency Stop Push Button
SS1_RotDiv	SS1_83_K94	Sf_EmStpRly	Rotary Divider ROT630 - Group Safety Off
SS1_RotDiv	SS1_83_BG05	DgMeas	Rotary Divider ROT630 - Rest Position
SS1_RotDiv	SS1_83_MA03	SubVfdPC	Rotary Divider ROT630 Drive Motor
SS1_RotDiv	SS1_83_MA03_EB01	SubDrvOnOff	Rotary Divider ROT630 Drive Motor - Space Heater
SS1_RotDiv	SS1_83_MB03	SubBrake	Drive Brake

Obr. 9 - DefList

2.3.3 Definiční listina struktur (DefListMAIN)

Tento DefList obsahuje definici komunikace jednotlivých struktur v projektu. Struktury jsou rozděleny na:

- Constants (Konstanty)
- Commands (Příkazy)
- Parameters (Parametry)
- Statuses (Stavy)
- Alarms (Alarmy)

Následující obrázek popisuje část struktury Smp1st, tedy strukturu pro definování komunikace pro stav vzorkovací stanice. Každý bit každého bajtu má ve struktuře svůj význam. Například v případě odpojení nebo neočekávanému přerušení napájení zdroje pro daný objekt dojde ke změně na pozici „1.1“ z FALSE na TRUE (viz Obr. 10).

Smp1st			52	BYTE	
0	0	Wrn	BOOL	FALSE	Warning
0	1	WrnNack	BOOL	FALSE	Warning not acknowledged
0	2	Flt	BOOL	FALSE	Fault
0	3	FltNack	BOOL	FALSE	Fault not acknowledged
0	4	Rdy	BOOL	FALSE	Ready
0	5	RdyInAuto	BOOL	FALSE	Ready for automatic operation
0	6	GenCFlt	BOOL	FALSE	Critical fault
0	7	IoWrn	BOOL	FALSE	I/O warning
1	0	EmStp	BOOL	FALSE	Emergency stop
1	1	PsOff	BOOL	FALSE	Power supply is off
1	2	Spare1_2	BOOL	FALSE	
1	3	Spare1_3	BOOL	FALSE	
1	4	Spare1_4	BOOL	FALSE	
1	5	Spare1_5	BOOL	FALSE	
1	6	Spare1_6	BOOL	FALSE	
1	7	OtherNotice	BOOL	FALSE	Other notice
2	0	@OpLineMode	BYTE (2)		Operation modes
4	0	@CtrlEnbdOnOff	BYTE (1)		Enable buttons and interlocks
5	0	@StatusOnOff	BYTE (1)		Drive status
6	0	EnbBtnEmStpRst	BOOL	FALSE	Enable button Emergency stop RESET
6	1	EnbBtnEmStpCnf	BOOL	FALSE	Enable button Emergency stop CONFIRM
6	2	Empty	BOOL	FALSE	Empty (all belts without material)
6	3	RqRunAuto	BOOL	FALSE	Request for sampling in auto mode
6	4	LotPresent	BOOL	FALSE	Lot present
6	5	MatPresent2	BOOL	FALSE	Material present
6	6	MatPresent3	BOOL	FALSE	Material present
6	7	RqSmp1	BOOL	FALSE	Request for sample
7	0	Smp1Done	BOOL	FALSE	Sample is done (sample in bottle)
7	1	RqChngBott	BOOL	FALSE	Request change bottle
7	2	FeedBeltEmpty	BOOL	FALSE	Feeding belt is empty

Obr. 10 - DefListMAIN

Struktury definují komunikační interface jednotlivých funkčních bloku, které tvoří řídicí program. Zastiňují nejen řídicí příkazy, parametry a zpětné vazby, ale i proměnné zobrazované na vizualizačních monitorech nebo HMI panelech. Dále je v nich definována struktura pro generování „Faults“ (Chyby) a „Warnings“ (Varování).

Jednotlivé struktury jsou z tabulkového procesoru Excel exportovány prostřednictvím makra do formátu UDT, který je podporován softwarem TIA.

2.3.4 Interlocks (Podmínky provozu)

Interlocks jsou prostředek k určení, kdy může daná technologie změnit svůj stav například z vypnuto na zapnuto. Příkladem by mohlo být čerpadlo na potrubí, které se může spustit pouze v případě, kdy by přívodní ventil byl otevřen a před čerpadlem byl dostatečný tlak na tlakovém senzoru. V tomto případě by byly Interlocks pro spuštění čerpadla „Valve Status Opened = 1“ a zároveň „Pressure = 1“.

2.3.5 Operační režimy

Každý objekt má své operační režimy, které definují způsob ovládání jejich chodu.

Operační režimy se dělí podle toho, zda je zařízení ovládání prostřednictvím PLC nebo nikoli.

Hlavní dělení operačních systémů:

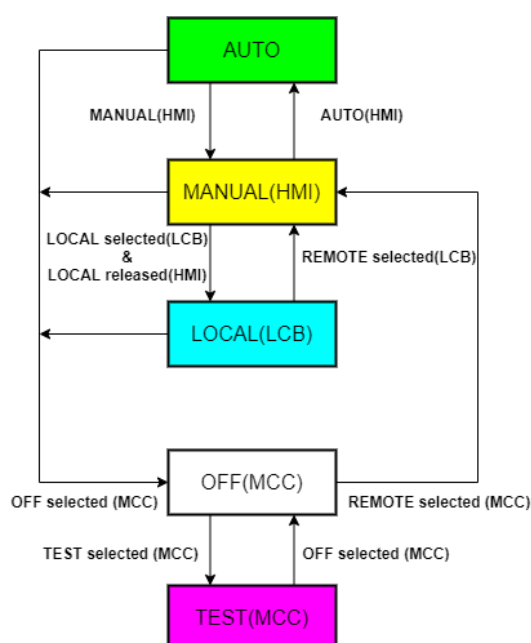
REMOTE (řízení pomocí PLC)

- AUTO (automatický režim)
- MANUAL (manuální ovládání z HMI)
- LOCAL (manuální ovládání z lokální kontrolní skříňky)

OFF (řízení nezávisle na PLC)

- TEST (testování zařízení nezávisle na PLC)

Následující obrázek č. 11 popisuje jednotlivé vazby mezi režimy a možnosti jejich přepínání. Každá šipka má příslušný popis, který vysvětluje, jak je změna mezi režimy inicializována. Například při přepnutí z režimu AUTO do režimu MANUAL(HMI) je přechod znázorněn MANUAL(HMI), tedy vybrání možnosti MANUAL na obrazovce vizualizace (HMI).



Obr. 11 - Popis operačních režimů

2.3.6 SIMATIC safety

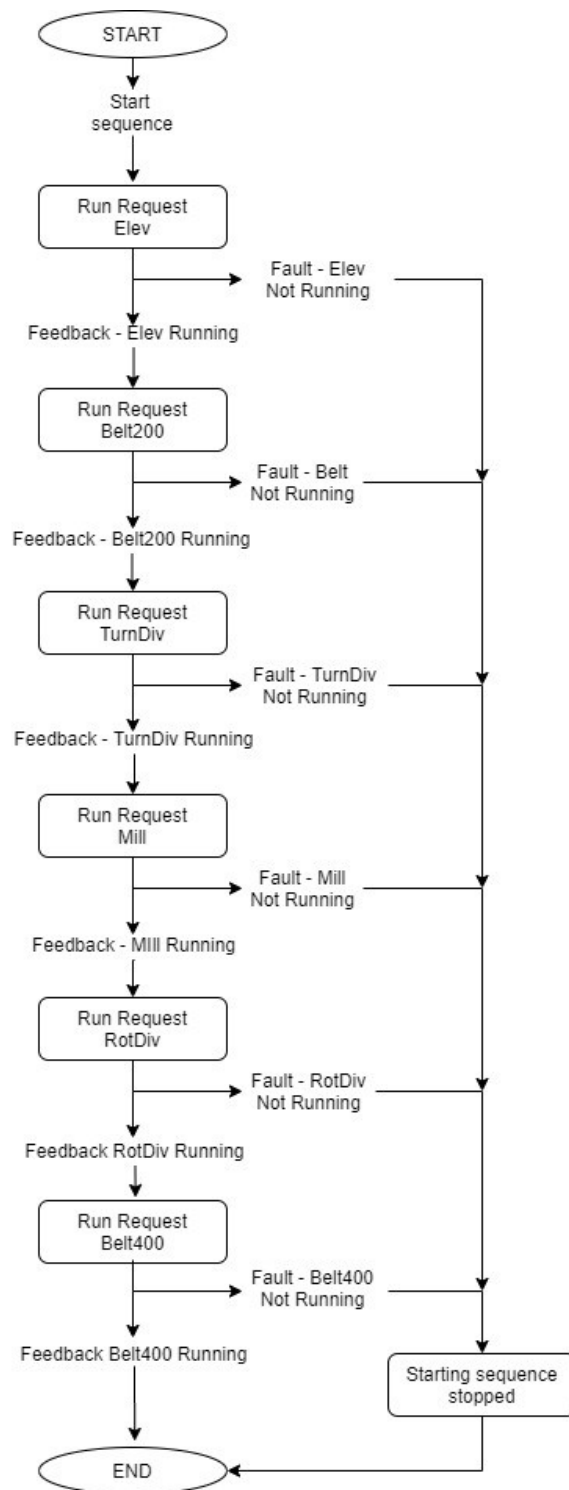
Bezpečnostní prvky z produkce firmy SIEMENS jsou odlišeny od standartních částí označený křiklavě žlutou barvou. Tyto prvky splňují přísnější bezpečnostní normy. Pro tuto práci jsou využity safety I/O karty, PLC a integrovaný bezpečnostní systém SIMATIC Safety Integrated, jehož využití je popsáno v kapitole o implementaci safety. Tento systém umožňuje pro speciální Safety PLC, které je využito pro řízení vzorkovací stanice, zaručit bezpečné provádění kritických částí procesu pomocí separované části řídicího kódu. Safety logiku lze řídit pomocí předpřipravených bloků, které jsou omezeny na programovací jazyky FBD a LAD. [8]

2.4 Sekvence pro vzorkovací stanici

Většina důležitých procesů vzorkovací stanice je řešeno pomocí sekvencí. Následující kapitola tedy pojednává o jejich návrhu. Sekvence jsou popsány pomocí diagramů velmi podobným způsobu programování sekvencí pomocí „S7 – GRAPH“, který umožňuje velmi názorně demonstrovat aktuální stav systému. Takový způsob návrhu funguje zároveň jako dokumentace umožňující popsat funkcionalitu a vlastnosti programu a umožnit tak jeho pochopení a následné úpravy. [9]

2.4.1 Startovací sekvence

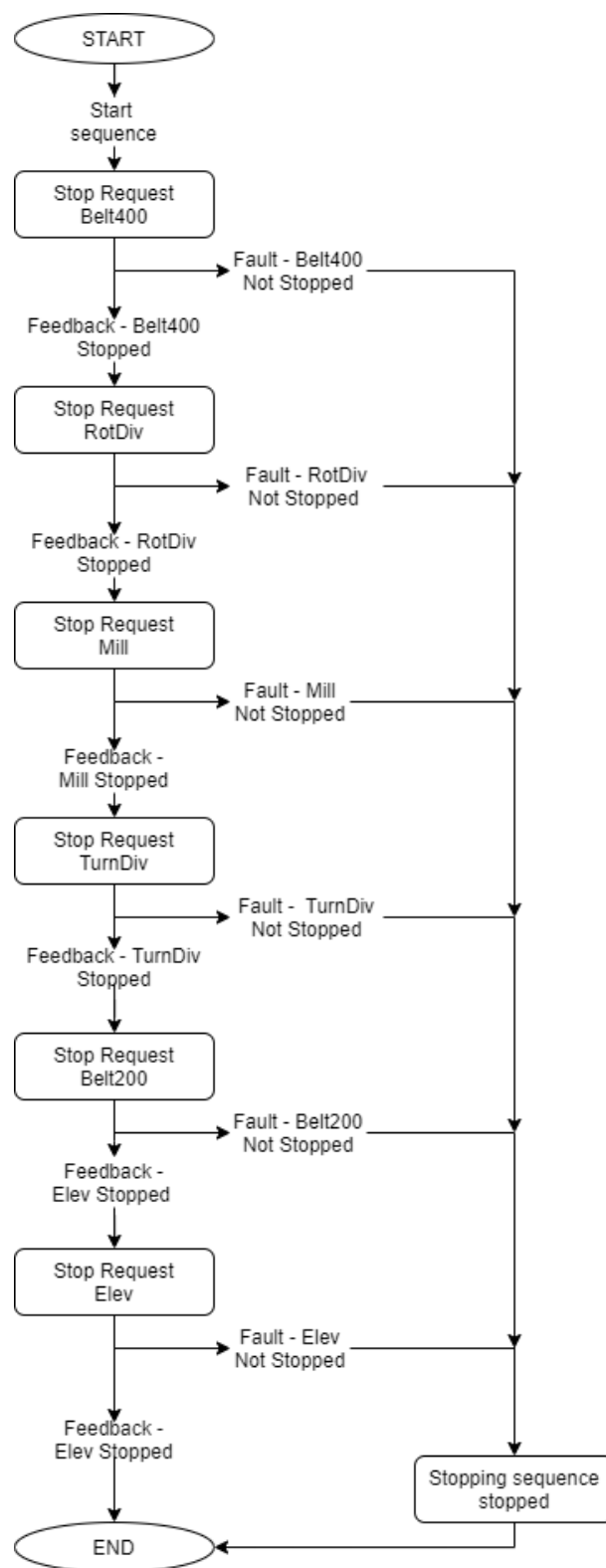
Sekvence, jejíž diagram je na obrázku č. 12, může být zahájena pouze v případě, že jsou veškerá zařízení v automatickém režimu (2.3.5). V takovém případě je povoleno stisknutí tlačítka START na hlavní obrazovce HMI. Diagram popisuje posloupnost spouštění jednotlivých zařízení. Zařízení jsou spouštěna v závislosti na interlocích (2.3.5). Posloupnost je dána způsobem, jak musí být zpracován odebraný vzorek. V první řadě je spuštěn korečkový výtah (Elev). Výtah může být spuštěn jako první, jelikož je posledním zařízením v řetězci a přesouvá případný zbytkový materiál ve vzorkovací stanici zpátky na hlavní pás. Nemůže tedy dojít k nežádoucímu stavu, kdy by se mělo spouštět zařízení pod zátěží. Dalším spuštěným zařízením je pásový dopravník (Belt200). V další fázi následuje již spouštění modulů určených pro zpracování uhlí v pořadí otočný dělič (TurnDiv), jednoválcový mlýn (Mill) a nakonec rotační dělič (RotDiv). Jako poslední modul je spouštěn dopravníkový pás (Belt400). Celý proces je popsán na následujícím obrázku. V průběhu spouštěcí sekvence může dojít k chybě. Následek takového stavu může být například mechanická závada, výpadek napájení nebo pozdní dosažení pracovních parametrů zařízení. V takovém případě dochází k ukončení sekvence a operátor musí zasáhnout buď v rámci HMI, nebo přímo v místě zařízení. Po odstranění závady nebo nestandardního stavu může být sekvence spuštěna od začátku.



Obr. 12 - Sekvence pro START

2.4.2 Vypínací sekvence

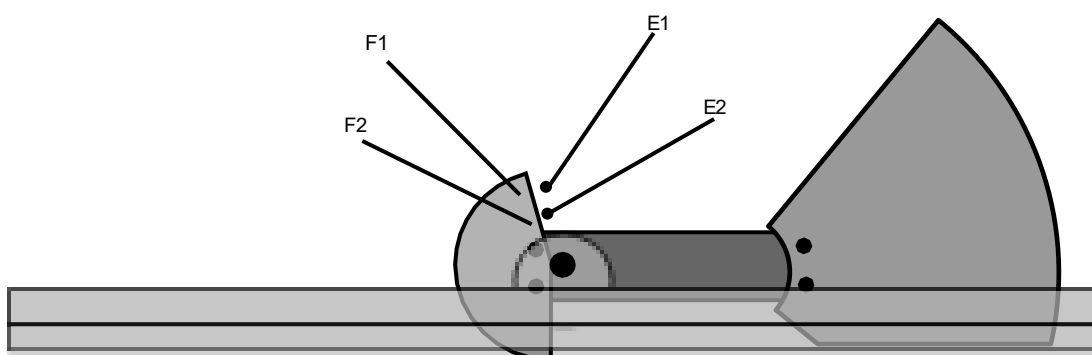
Sekvence vytvořena pro vypínání je určena pro vypnutí vzorkovací stanice při běhu v automatickém režimu. Sekvence se aktivuje po stisknutí tlačítka STOP na hlavní HMI obrazovce. Sekvence reprezentována grafem vyobrazena na obrázku č. 13 znázorňuje pořadí a postup vypínání jednotlivých modulů vzorkovací sekvence. Podobně jako v případě startovací sekvence je nutné zachovat posloupnost, která zajišťuje korektní vypnutí celé stanice. Sekvence zajišťuje vyprázdnění stanice před jejím úplným vypnutím, jelikož při dalším spuštění ve stanici neměl být žádný materiál, který by mohl při spuštění startovací zapříčinit zadření nebo jiný nestandardní stav. Jako první tedy dochází k zastavení spuštění modulu Bet400, který je umístěn přímo pod vzorkovacím kladivem. Tím dojde k plnění stanice materiálem i kdyby došlo k neočekávanému odběru vzorku. Dalším zastaveným zařízením je RotDiv. Následuje Mill, který může být však vypnut jenom v případě, že senzor naplnění vrací hodnotu definovanou pro prázdný stav. Následuje vypnutí TurnDiv, Belt200 a korečkového výtahu Elev. Při dodržení této posloupnosti by neměl zůstat téměř žádný materiál, který by mohl způsobit potíže při rozběhu. V případě závažné chyby vyvolané nestandardní situací se sekvence ukončuje a dojde k vypnutí všech zařízení naráz. Následující postup je dán vyhodnocením situace na základě vizuální kontroly a následného servisního zásahu.



Obr. 13 - Sekvence pro STOP

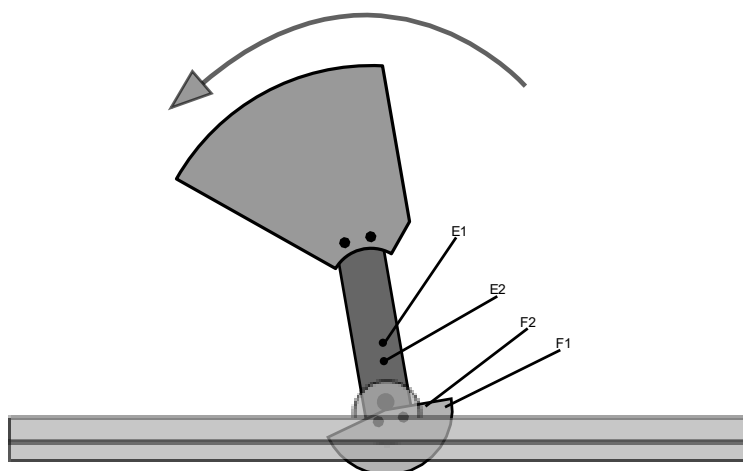
2.4.3 Sekvence pro odběr vzorku

Odběr vzorků probíhá na základě sekvence popsané následujícím diagramu (viz. Obr. 18) slouží pouze jako materiál, který popisuje, s čím řídicí PLC program počítá v případě jednotlivých odběrů vzorků a pro případné budoucí testy. Samotná sekvence bude implementována pomocí zařízení Simocode, jehož programování není předmětem této práce. Rychlost PLC je pro řízení vzorkovacího kladiva je nedostačující, jelikož obsluhuje dalších několik tisíc vstupů a výstupů. Samotná sekvence bude tedy naprogramována v Simocode a PLC bude pouze dávat povel k startu a dohlížet, zda sekvence funguje správně. Obr. 18 popisuje sekvenci, která má za úkol aktivovat vzorkovací kladivo, které odebírá materiál z hlavního pásového dopravníku. Samotný odběr vzorku popisují obrázky č. 14 až 17. Snímače přiblížení (LS) jsou označeny E1 a E2, kde jeden je připojen do PLC a druhý do Simocode. Snímané plochy jsou označeny F1 a F2. Obr. 14 popisuje kladivo ve výchozí poloze. Snímače nejsou v kontaktu se snímanou plochou. [10]

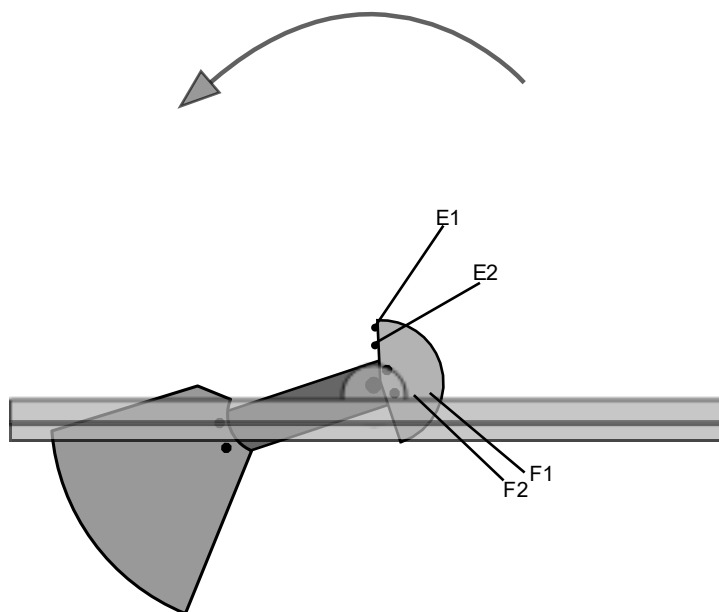


Obr. 14 - Vzorkovací kladivo pozice 0

Obrázek č popisuje start odběru vzorků. Kladivo je odbrzděno a motor řízený pomocí Simocode jej uvádí do pohybu. Oba snímače stále nejsou v kontaktu se snímanou plochou, dokud kladivo nezasáhne do prostoru hlavního pásového dopravníku. V tuto chvíli je v PLC spuštěn časovač, který odečítá dobu, po kterou je kladivo v prostoru dopravníku. Podle dat výrobce byla hodnota nastavena na 200ms, ale výsledná hodnota bude nastavena podle na základě reálných testů.

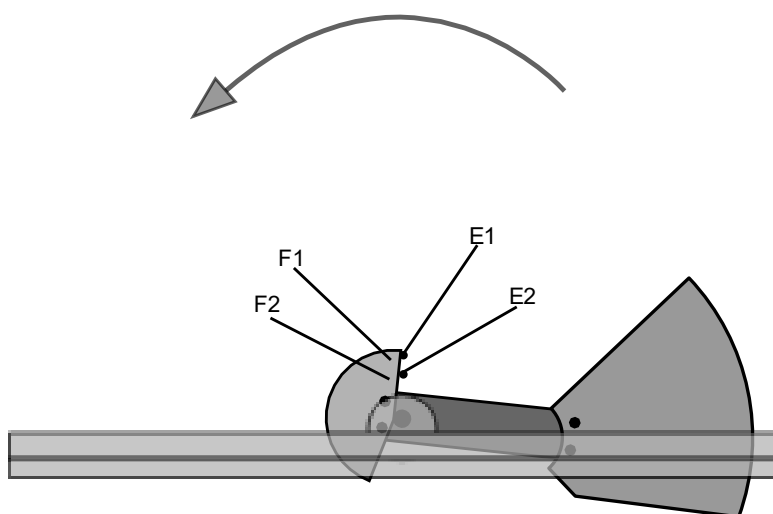


Obr. 15 - Vzorkovací kladivo pozice 1



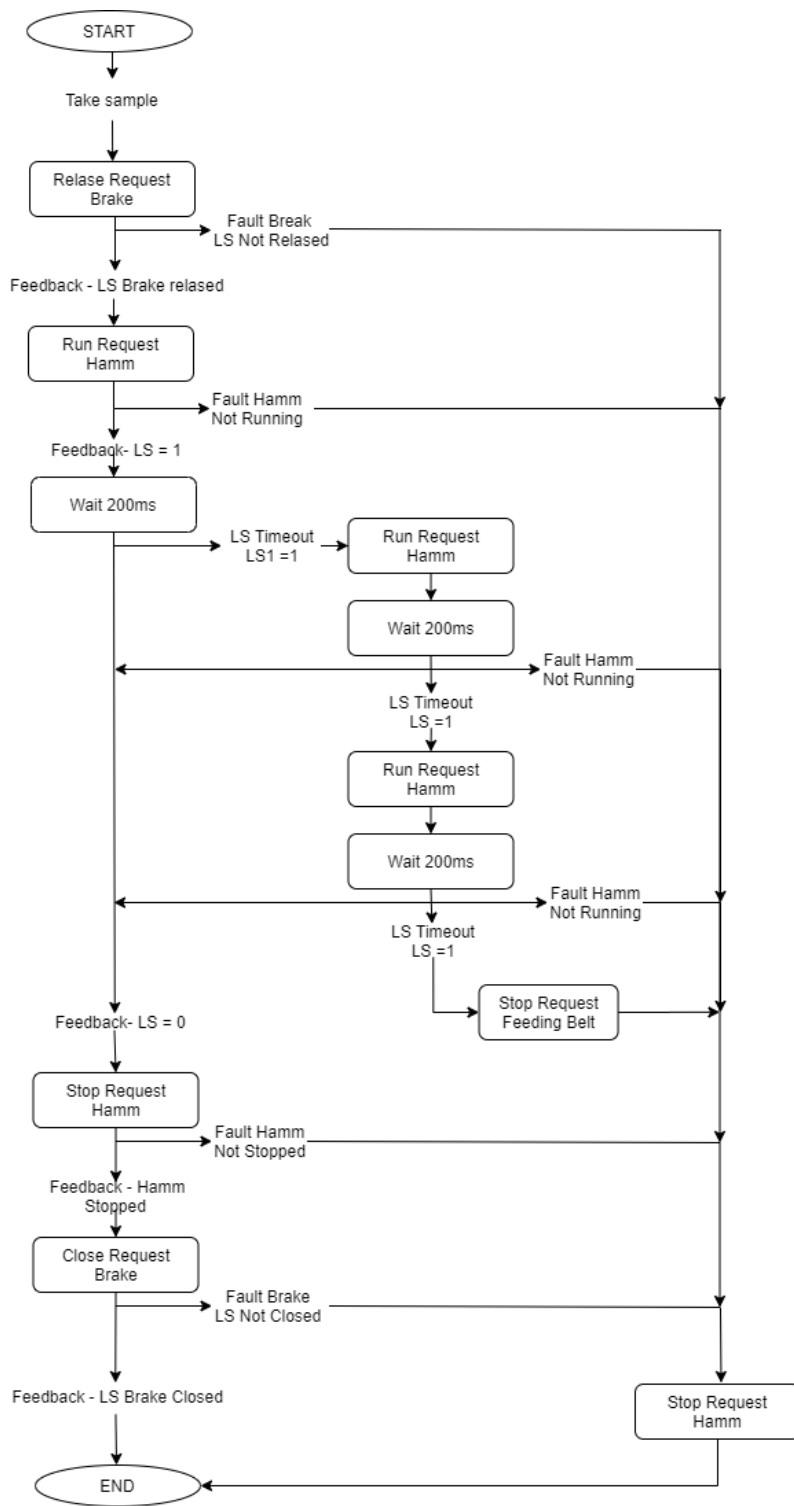
Obr. 16 - Vzorkovací kladivo pozice 2

V poslední fázi kladivo opouští prostor pásu, snímače ztratí kontakt se snímanou plochou a kladivo je zabržděno ve výchozí poloze připraveno na další odběr.



Obr. 17 - Vzorkovací kladivo pozice 3

Diagram sekvence odběru vzorku popisuje posloupnost jednotlivých úkonů. V případě, že dojde k nestandardní situaci a vzorkovací kladivo zůstane v prostoru pásu déle než nastavenou časovou konstantu dojde k dalším dvěma pokusům o aktivaci kladiva. Pokud ani opětovné spuštění nedostane kladivo z prostoru pásu dojde k zastavení hlavního pásového dopravníku, jelikož kladivo blokuje cestu materiálu a mohlo by dojít k fatálnímu poškození.



Obr. 18 - Sekvence pro SAMPLE

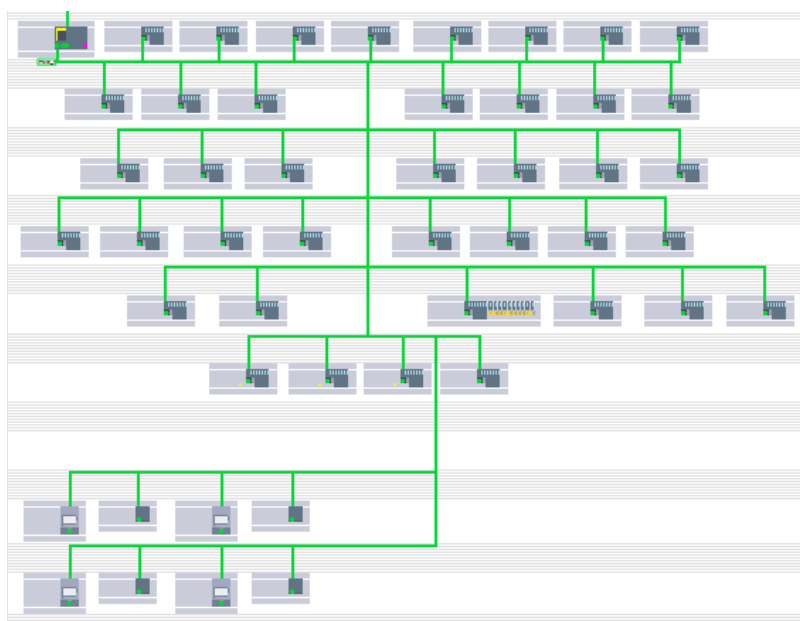
2.5 TIA portal v16.0

Tato práce byla řešena pomocí softwaru TIA portal v16.0. TIA umožňuje vytvoření hardwarové konfigurace, definice komunikace, vývoj a implementaci řídicího programu i vizualizace (HMI). Dále lze vytvořit multiuser projekt, kde je umožněno pracovat na projektu celému programátorskému teamu. Jelikož vzorkovací stanice je součástí velmi rozsáhlého projektu, byla tato možnost využita. [11]

2.6 Hardwarová konfigurace

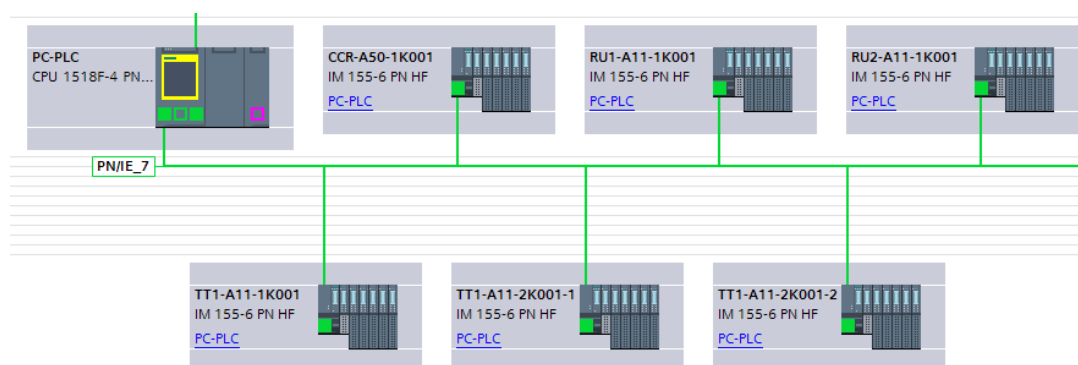
Hardwarová konfigurace definuje zařízení využívaní k řízení daného systému. Následující kapitoly dokumentují HW konfiguraci využitou při realizaci této práce. Hlavním prvkem konfigurace je PLC. Dalšími neméně důležitými částmi jsou IOdevice. Hardwarová konfigurace vytvořena v rámci řešení této práce je součástí velkého celku (viz Obr. 19 a 20), který má za úkol řídit celou soustavu průmyslových zařízení v přístavu, kde je umístěna vzorkovací stanice.

Konfigurace je vytvářena v závislosti na zadání prostřednictvím nástrojů v SW TIA. Jednotlivé prvky HW konfigurace jsou do projektu přidávány na základě jejich katalogového označení. Následně jsou prvky propojeny tak, aby byly ve stejné podsíti a mohly tak komunikovat prostřednictvím sběrnice Profinet. Rozlišovacím prvkem na sběrnici je IP adresa a profinet name, které musí být pro každé zařízení unikátní. [12]



Obr. 19 – HW konfigurace celého projektu

Pro řízení vzorkovací stanice je stěžejní PLC s kódovým označením 1518F-4 PN/DP a 2 IOdevice s označením IM 155-6 HF. IOdevice je periferie, která umožňuje připojení vstupů a výstupu pomocí digitálních nebo analogových karet.



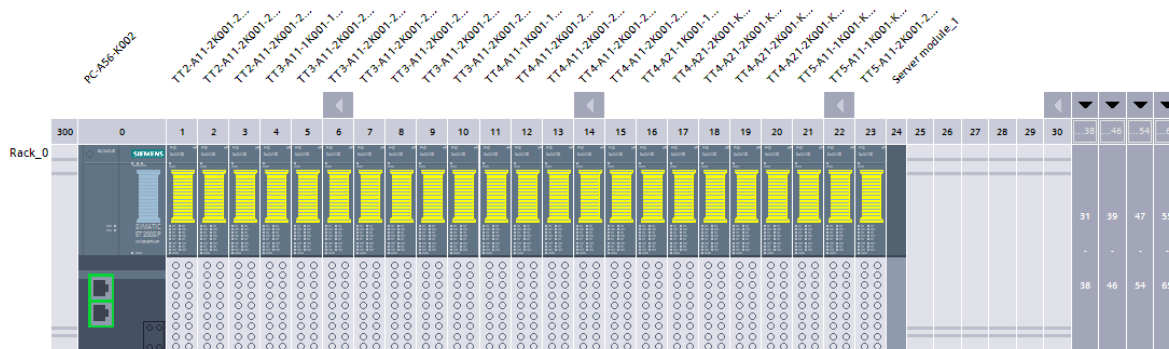
Obr. 20 - Detail hardwarové konfigurace

Prvním ET je IOdevice s Profinet name „TT5 – A11– 2K001“, kde jsou napojeny téměř všechny vstupní a výstupní karty pro řízení vzorkovací stanice. Celý výčet karet zapojených v zařízení je popsán v Tab. 1. Sestává se z 19 digitálních 11 analogových karet.

Tab. 1 – Vstupní a výstupní karty

Type	Article number	Firmware
IM 155-6 PN/2 HF	6ES7 155-6AU01-0CN0	V4.2
PROFINET interface		
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DI 8x24VDC HF	6ES7 131-6BF00-0CA0	V2.0
DQ 8x24VDC/0.5A HF	6ES7 132-6BF00-0CA0	V2.0
DQ 8x24VDC/0.5A HF	6ES7 132-6BF00-0CA0	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 2xU/I 2-,4-wire HF	6ES7 134-6HB00-0CA1	V2.0
AI 4xRTD/TC 2-,3-,4-wire HF	6ES7 134-6JD00-0CA1	V2.0
Server module	6ES7 193-6PA00-0AA0	V1.1

Druhé IOdevice (ET) PC – A56– K002 má karty zvýrazněny žlutou barvou (viz Obr. 21), která značí Safety prvek. V kartách jsou tedy zapojeny všechny bezpečnostní prvky jako bezpečnostní tlačítka, bezpečnostní relé nebo třeba pullcordy. Zařízení se safety kartami neslouží pouze pro připojení I/O vzorkovací stanice, ale všech částí projektu.



Obr. 21 - ET se safety kartami

2.6.1 Zařízení na síti

Pro jednotlivá zařízení na síti jsou v Deflistu definovány IP adresy a profinet names. Profinet name je vždy stejné, jako název nařízení.

Všechna zařízení na síti zodpovědná za řízení vzorkovací stanice jsou zapojena do PLC profinet interfaci X2. PLC má IP adresu 10.35.100.100.

Síťová konfigurace pro PC – A56– K002 a TT5 – A11– 2K001 je zaznamenána na obrázcích Č. 22 a 23. [13] [19]

IP protocol

IP address: 10 . 35 . 100 . 146

Subnet mask: 255 . 255 . 255 . 0

☒ Synchronize router settings with IO controller

☐ Use router

Router address: 0 . 0 . 0 . 0

PROFINET

☒ Generate PROFINET device name automatically

PROFINET device name: tt5-a11-2k001

Converted name: tt5-a11-2k001

Device number: 26

Obr. 22 - Konfigurace IOdevice

IP protocol

IP address: 10 . 35 . 100 . 241

Subnet mask: 255 . 255 . 255 . 0

☒ Synchronize router settings with IO controller

☐ Use router

Router address: 0 . 0 . 0 . 0

PROFINET

☒ Generate PROFINET device name automatically

PROFINET device name: pc-a56-k002

Converted name: pc-a56-k002

Device number: 38

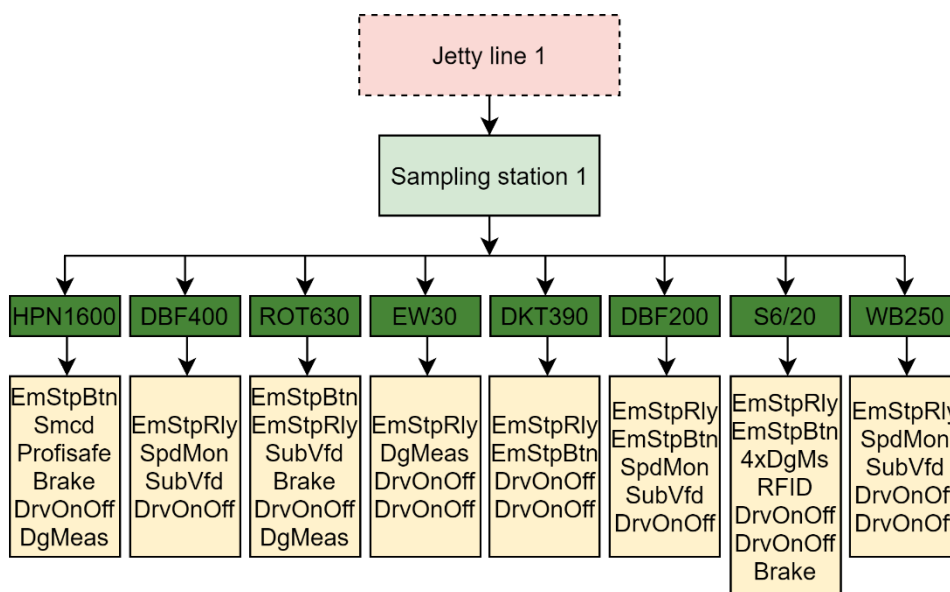
Obr. 23 - Konfigurace safety IOdevice

2.7 Návrh řídicího programu pro vzorkovací stanici

Celý řídicí program je napsán kombinací jazyků FBD a SCL. Všechny části kódu jsou vytvářeny na základě struktury popsané v kapitole standard programování (2.3). Následující podkapitoly popisují stěžejní části vytvořeného kódu a neobsahují generické části, které nejsou pro potřeby této práce potřebné.

2.7.1 Vytvoření objektů a jejich skupin

Následující Obr. 24 popisuje strom objektů a skupin v řídicím programu. Tento diagram je součástí dokumentace popisující rozložení objektů v projektu. Blok vzorkovací stanice je volán z nadřazené skupiny Jetty line 1. Jednotlivé moduly jsou součástí Sampling station 1. Součástí jednotlivých modulů jsou již samotné komponenty. [14]

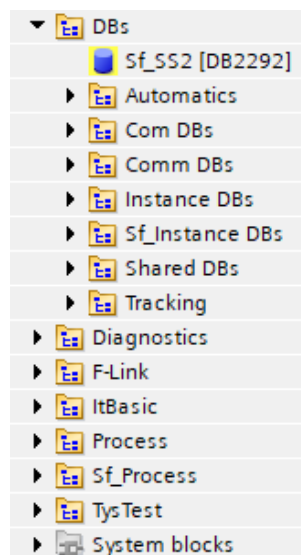


Obr. 24 - Popis stromu objektů

2.7.2 Vytvoření instancí bloků

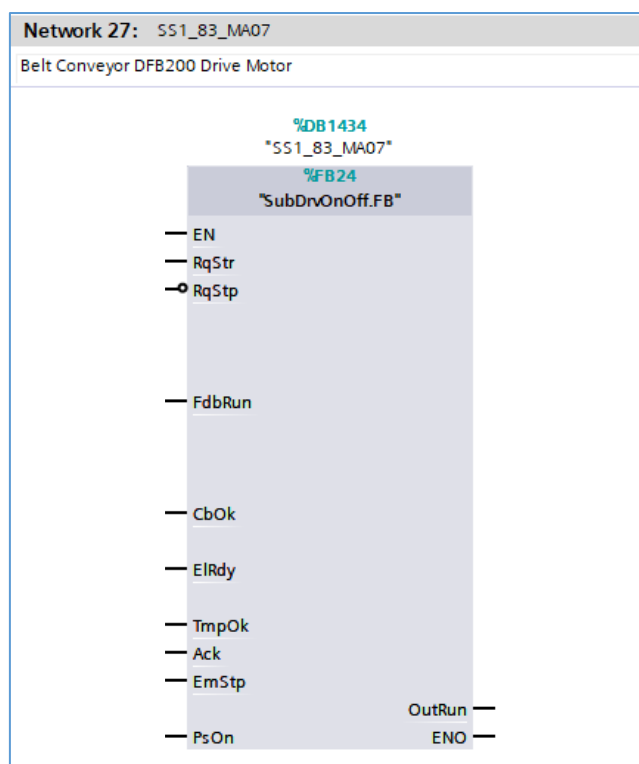
Prvotním krokem je vytvoření instancí funkčních bloků jednotlivých objektů. Každý objekt definovaný v DefListu MAIN má ve firemní knihovně svůj FB, který umožňuje univerzální využití pro konkrétní objekty. Vzorkovací stanice obsahuje celou řadu zařízení, která lze ovládat pomocí SubDrvOnOff. Tento blok má za úkol nejen zařízení ovládat, ale také přijímat zpětnou vazbu, ale i vytvářet chybové a varovné zprávy pro vizualizaci a další struktury v řídicím systému.

Při vytváření instancí lze vidět jednotlivé bloky v stromové struktuře projektových složek a souborů TIA portálu. Obr. 26 popisuje strukturu složek pro jednotlivé funkční a datové bloky. Pro práci jsou stěžejní složky Instance DBs a Sf_Instance DBs, kde jsou uloženy jednotlivé instancní bloky, které umožňují funkčním blokům využívat vlastní paměť. Shared DBs uchovává datové bloky určené pro předávání proměnných mezi safety a nonsafety částí řídicího programu. Složka ItBasics obsahuje soubor univerzálních funkčních bloků zmíněných dříve v této podkapitole. Process je složka, kde se nachází drtivá většina řídicího programu. Sf_Process je složka určena pro safety logiku a komunikuje s částí process pomocí Shared DBs. Ostatní složky obsahují další důležité soubory, které jsou však zaštitěny vyššími úrovněmi řídicího programu a nejsou tedy předmětem řešení této práce.



Obr. 25 - Struktura projektu v TIA

Obr. 26 znázorňuje vytvořenou instanci funkčního bloku určeného pro ovládání motoru dopravníkového pásu v datovém bloku č. 1434. Každá instance musí být uložena do nového datového bloku. Tuto podmínku lze splnit pomocí funkce v TIA, která automaticky spravuje datové bloky a při vytvoření instance vybere vždy volnou paměť a nedochází tedy ke kolizi. [14]



Obr. 26 - Instancovaný FB pro SS1_83_MA07

2.7.3 Napojení adres a vytvoření proměnných

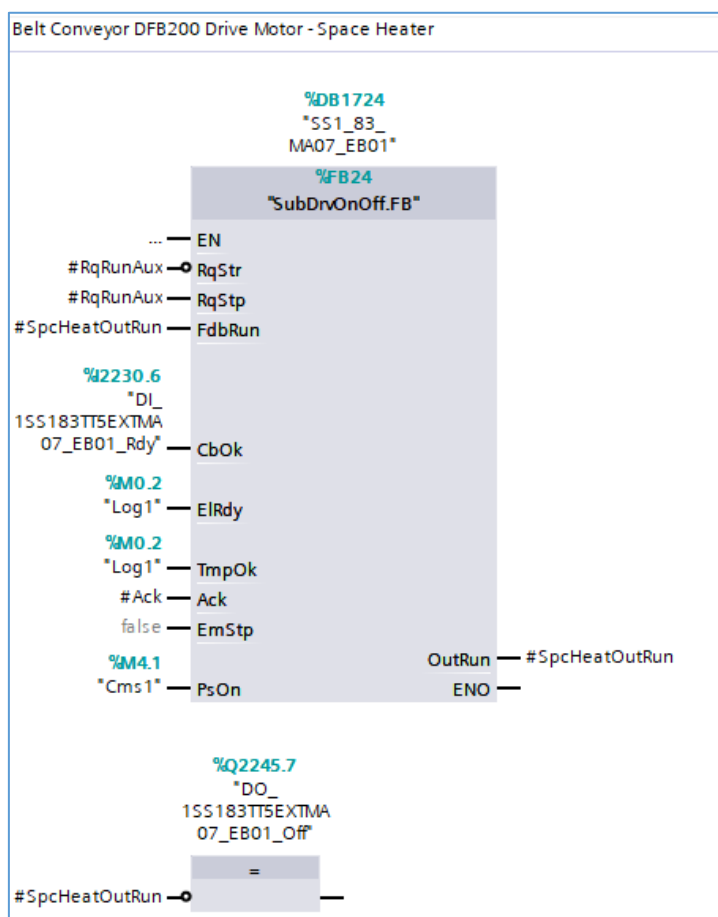
Dále jsou na vytvořené objekty napojeny adresy. Veškeré napojování se řídí Deflistem a IOlistem. Není známa přesná specifikace jednotlivých komponent, ale pouze jejich signály. Některé komponenty jsou tedy bez zpětné vazby a program musí být ohnut tak, aby funkční blok dostal vazbu jiným způsobem než napojením fyzické adresy.

Na bloky nejsou napojeny jen jednotlivé fyzické adresy, ale i interní pomocné proměnné. Ty jsou využity v případě, že je nutné zasílání příkazu na více bloků najednou nebo případné využití signálu a zároveň i jeho negace.

Mezi nepojenými proměnnými se vyskytují hodnoty Log1, Log0, Cms1 a Cms0. Tyto proměnné slouží k nastavení buď logické 0 nebo 1 pro konfiguraci a nahrazení chybějících signálů. Log je využito pro napojení trvalému a Cms slouží k dočasnému nastavení hodnoty a počítá se s následnou změnou.

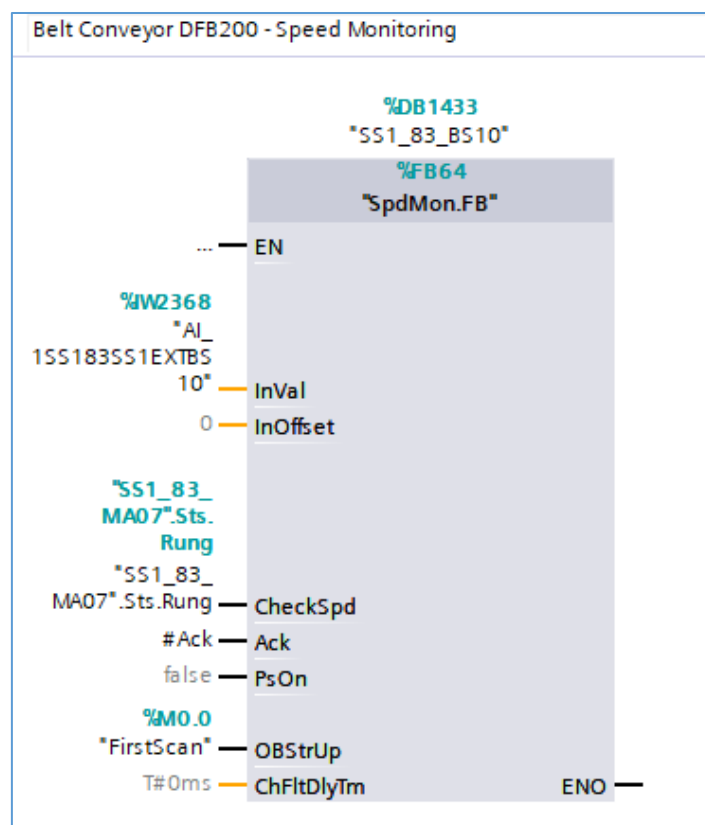
Obr. 27 popisuje napojený heater pomocí fyzických adres a pomocných proměnných.

Funkční blok řídící heater spouští heater na základě proměnné #RunRqAux, která zároveň spouští i motor. Jelikož je heater spuštěn pouze v případě neaktivního motoru je na vstupu negace. Při ovládání zařízení je heater řízen signálem, kdy logický stav 0 aktivuje zařízení a 1 jej deaktivuje. Je tedy využitý na výstupu OutRun další pomocná proměnná #SpcHeatOutRun k negaci řídicího signálu. Stejným způsobem jsou napojeny všechny funkční bloky.



Obr. 27 - FB s napojenými adresami

Na vstupy bloků mohou být napojeny i proměnné jiných objektů. Na Obr. 28 je znázorněn funkční blok SpdMon s napojením statusu z bloku motoru. Blok tedy začne snímat rychlost až ve chvíli, kdy mu motor odešle status o běhu.



Obr. 28 - FB s napojením proměnné z MA07

Jednotlivé datové bloky (viz Obr. 29) jsou ve stromu projektu dostupné lze je kdykoli smazat, přesunout nebo upravit. Následující obrázek znázorňuje část využitých datových bloků s číselným označením jejich prostoru v paměti. Každý datový blok zabírá 4 bajty a TIA bloky přiřazuje prostor chronologicky a v případě obsazeného prostoru využije nejbližší volný prostor.

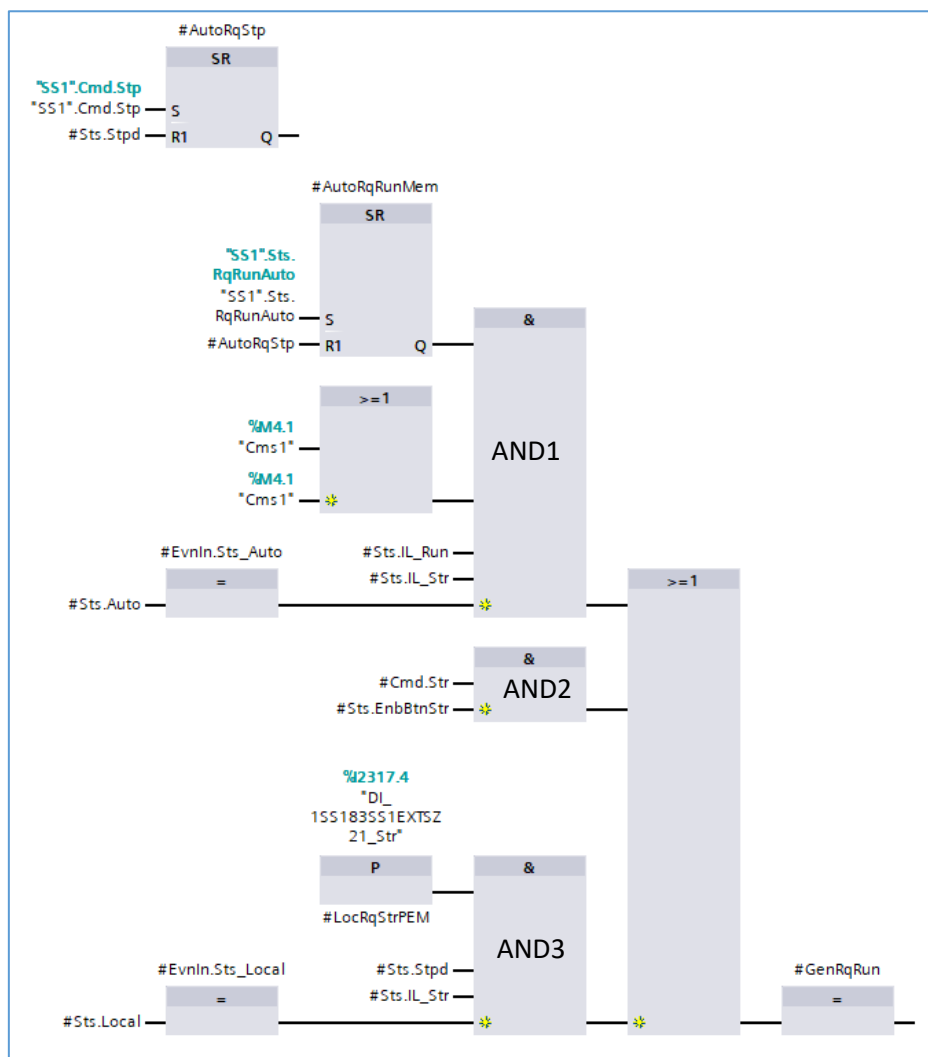
SS1_83_BG02 [DB1436]
SS1_83_BG05 [DB1410]
SS1_83_BG08 [DB1428]
SS1_83_BG09 [DB1427]
SS1_83_BG10 [DB1426]
SS1_83_BG11 [DB1425]
SS1_83_BL06 [DB1415]
SS1_83_BS04 [DB1406]
SS1_83_BS10 [DB1433]
SS1_83_BS11 [DB1435]
SS1_83_K64 [DB1407]
SS1_83_K94 [DB1409]
SS1_83_K134 [DB1414]
SS1_83_K174 [DB1419]
SS1_83_K214 [DB1429]

Obr. 29 - Ukázka DB v TIA

2.7.4 Implementace návrhu sekvencí a řídicího kódu

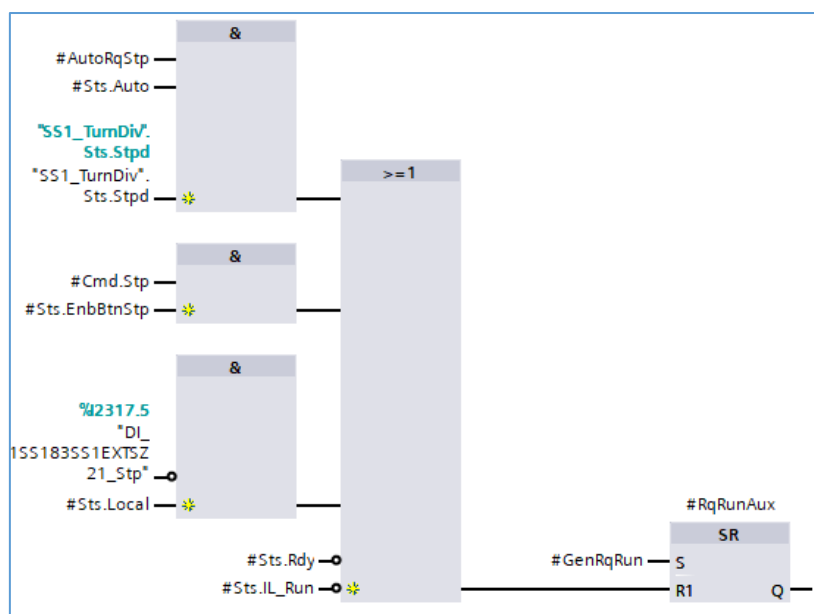
Spouštění jednotlivých modulů je zajištěno pomocí jazyka FBD. Ovládání zařízení je řešeno pomocí logiky bloků napojených na signály a proměnné. V řídicím programu je logika zodpovědná za řízení technologie pro všechny operační módy.

Obr. 30 popisuje část programu zodpovědnou za vytvoření Run Request (#GenRqRun) pro celou vzorkovací stanici. Součástí programu jsou 3 AND bloky, kde první sdružuje proměnné pro vytvoření requestu v automatickém modu, druhý v manuálním a třetí v lokálním. V případě, že technologie je v pořádku a není aktivní žádný z bezpečnostních nebo chybových signálů vytvoří se impuls na proměnné #GenRqRun. Bloky SR jsou využity pro přidržení hodnoty do doby příchozího signálu na jejich resetovací vstup.



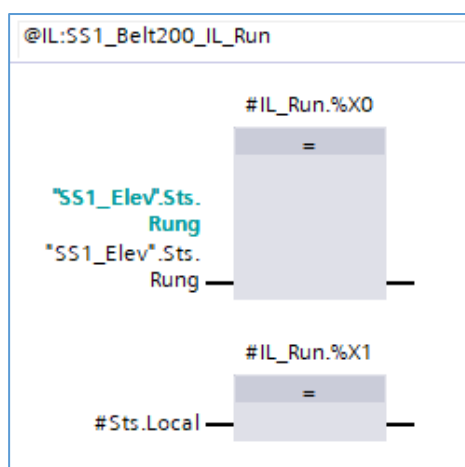
Obr. 30 - Start sampling station 1

Obr. 31 popisuje část programu zodpovědnou za udržení příkazu run pro TurnDiv do doby jejího resetu pomocí příkazu Stp. Proměnná #RqRunAux je pomocná proměnná již napojena na většinu zařízení ve skupině. Podobně jako na předchozím Obr. 30 je program rozdělen na tři části. Jedna pro každý operační režim.



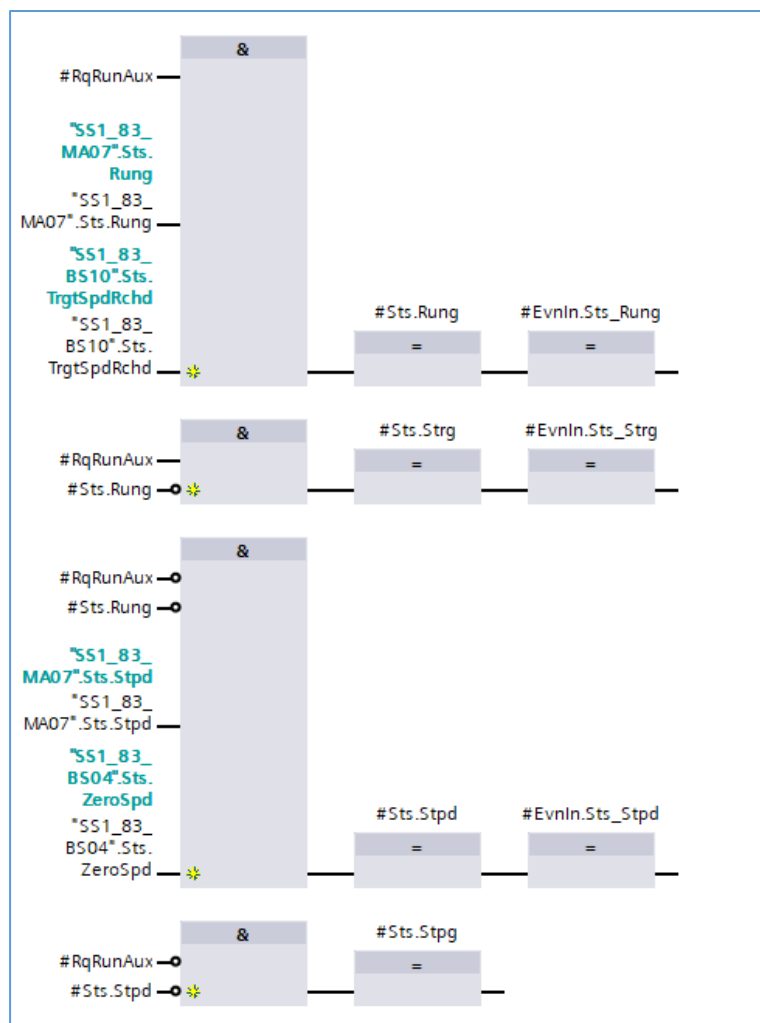
Obr. 31 - Resert Run Request TurnDiv

Sekvence jsou implementovány pomocí interlocků, tedy podmínek pro start, běh nebo zastavení zařízení. Na obrázku Obr. 32 je znázorněn interlock pro běh Belt200. Pro naplnění podmínky je nutné, aby bylo aktivní zařízení Elev, a došlo tedy k naplnění posloupnosti dané návrhem sekvencí. Veškeré skupiny v projektu jsou řízeny interlocky a informace o jejich naplnění je odsílána na vizualizaci.



Obr. 32 - Run Interlock Belt200

Statusy podávající informaci o stavech modulů jsou vytvářeny pomocí logické funkce AND. Obrázek popisuje vytvoření statusu pro DFB200. Status běhu zařízení je generován v případě, že motor vrátí svůj status o běhu a zároveň SpdMon vrátí zpětnou vazbu o dosažení požadované rychlosti pásu. Obdobně je vytvořen status o zastavení pomocí statusu o zastavení motoru a zpětné vazby rychlosti ze SpdMon.



Obr. 33 - Vytváření statusů

Každý z funkčních bloků také vytváří hodnoty proměnných pro varování a chyby. Chyby jsou vyvolány v případě překročení hodnoty limitů hodnot ze senzorů nebo nedodržení časových limitů a dalších nežádoucích stavů. V případě vyvolání chyby nebo varování je tato proměnná slučována do nadřazené struktury. Obr. 34 - Warning Belt200 popisuje sloučení tagu jednotlivých zařízení, která jsou součástí skupiny Belt200. Při chybě na motoru tedy dojde k chybě na celém dopravníkovém pásu a analogicky se chyba vyvolá i na celé vzorkovací stanici.

```

Network 12: General Status - Warning
@GenSts
1 #Sts.Wrn :=
2 "SS1_83_S222".Sts.Wrn OR
3 "SS1_83_K254".Sts.Wrn OR
4 "SS1_83_BS10".Sts.Wrn OR
5 "SS1_83_MA07".Sts.Wrn OR
6 "SS1_83_MA07_EB01".Sts.Wrn;
7

```

Obr. 34 - Warning Belt200

2.7.5 Parametry

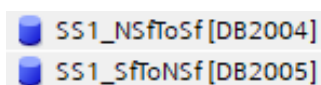
Každý funkční blok je do jisté míry univerzální. Proto jsou k jeho konfiguraci využity speciální vnitřní proměnné. Parametry definují limity pro vyvolání varování a chyby, časové konstanty a rozptyly. Tab. 2 – Parametry pro SpdMon popisuje vybrané parametry pro SpdMon. Jednotlivé limity a časové konstanty jsou při vývoji zvoleny pro potřeby simulace. Hodnoty jsou tedy dočasné, a při uvedení do provozu se mohou měnit v závislosti odlišností simulace od reálné technologie.

Tab. 2 – Parametry pro SpdMon

Name	Display format	Modify value	Tag comment
SS1_83_BS11.Prm.RangeMax	Floating-point nu...	5.0	Max Range value (for 20mA) (m/s)
SS1_83_BS11.Prm.StrgTm	Floating-point nu...	30.0	Time to reach target speed (maximal starting time) (s)
SS1_83_BS11.Prm.StpgTm	Floating-point nu...	30.0	Time to reach zero speed (maximal stopping time) (s)
SS1_83_BS11.Prm.TrgtSpd	Floating-point nu...	4.0	Target speed (m/s)
SS1_83_BS11.Prm.ZeroSpd	Floating-point nu...	1.0	Zero speed (m/s)
SS1_83_BS11.Prm.SpdDlyTm	Floating-point nu...	0.4	Target and zero speed delay time (s)
SS1_83_BS11.Prm.TrgtSpdDev	Floating-point nu...	0.2	Target speed deviation (m/s)
SS1_83_BS11.Prm.DevFlt	Floating-point nu...	0.5	HiHi and LoLo deviation (m/s)
SS1_83_BS11.Prm.DevWtn	Floating-point nu...	0.3	Hi and Lo deviation (m/s)

2.7.6 Safety

V rámci bezpečnosti jsou kritické části programu vyhodnocovány v speciální části projektu. PLC Siemens 1518F-4 PN/DP je vybaveno technologií SIMATIC Safety Integrated, což umožňuje implementovat bezpečnostní logiku v rámci jednoho projektu. Safety část lze programovat pouze v jazycích FBD a LAD. Komunikace safety a nonsafety části probíhá prostřednictvím komunikačních datových bloků (viz Obr. 35).



Obr. 35 - Safety DBs

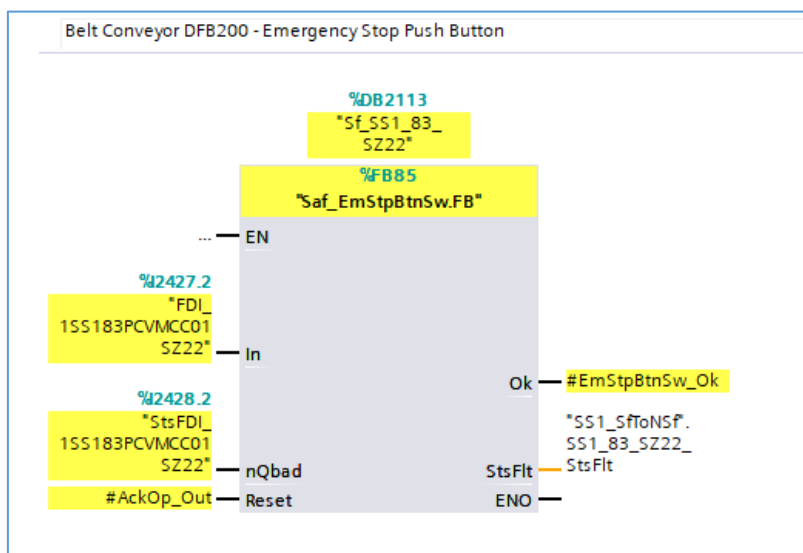
V blocích jsou uloženy jednotlivé proměnné pro čtení a zápis signálu pro safety logiku.

Tab. 3 popisuje jednotlivé proměnné pro vyhodnocení chybových stavů.

Tab. 3 - Proměnné v komunikačním DB

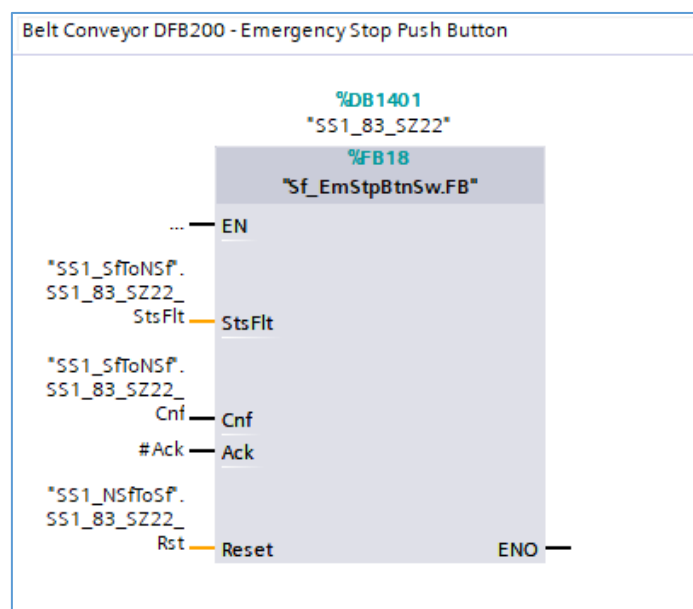
Static		
SS1_83_MA01_ProfiSafe_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_K64_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_K94_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_K134_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_K174_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_K214_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_K254_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_K294_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_SZ11_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_SZ14_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_SZ16_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_SZ20_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_SZ22_StsFlt	Word	16#0
SS1_83_SZ11_Cnf	Bool	false
SS1_83_SZ14_Cnf	Bool	false
SS1_83_SZ16_Cnf	Bool	false
SS1_83_SZ20_Cnf	Bool	false
SS1_83_SZ22_Cnf	Bool	false

V safety části programu jsou jednotlivé bloky stejně jako všechny safety prvky označeny křiklavou žlutou. Obr. 36 – EmStpBtn znázorňuje funkční blok pro bezpečnostní tlačítko v safety části. Na tento blok jsou napojeny i fyzické adresy. Na blok jsou napojeny nejen standardní bezpečnostní signály, ale i Qbad signály, které jsou součástí fail-safe systému SIMATIC safety integrated. [5] [6]



Obr. 36 – EmStpBtn

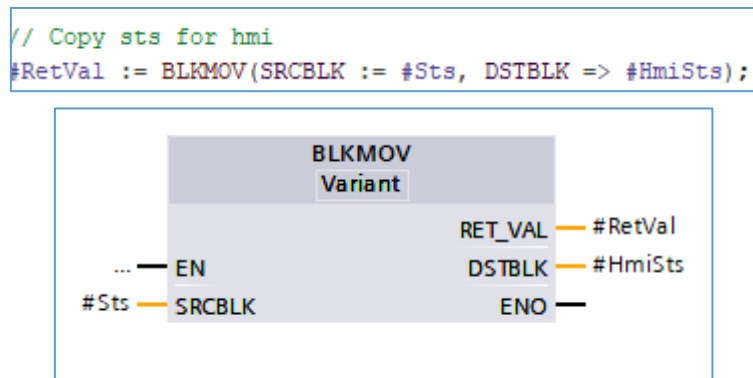
Obr. 37 – EmStpBtn nonsafety popisuje blok v nonsafety části Belt200. Vstupy jsou napojeny na proměnné z komunikačních datových bloků.



Obr. 37 – EmStpBtn nonsafety

2.7.7 Generování signálu pro HMI

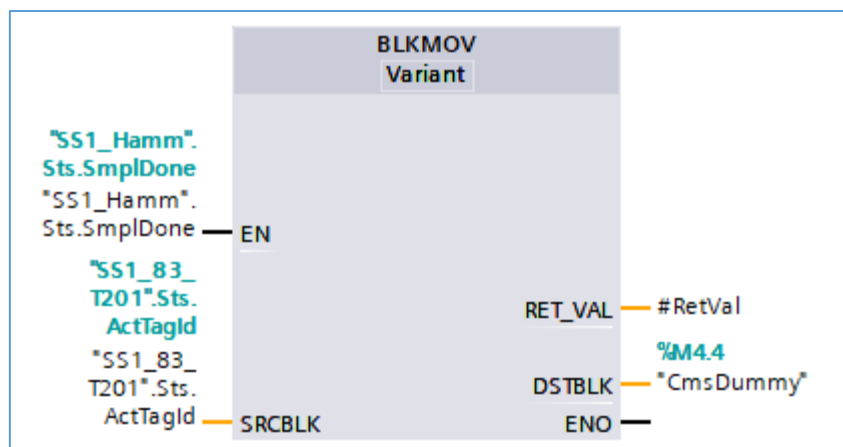
Generování signálů pro HMI je vyřešeno pomocí překlopením veškerých status signálů z řídicí části do vizualizační části. Obr. 38 - HMI signály popisuje způsob vytvoření HMI signálu v jazyce SCL a FBD.



Obr. 38 - HMI signály

2.8 Návrh odesílání dat do nadřazeného systému

Průběh odběru vzorků je doprovázen záznamem o odebraném materiálu. Při každém odběru dochází k zápisu do DB. Řídicí systém tak zaznamená informaci, v jaké lahvi je odebraný vzorek uskladněn. Zápis probíhá pomocí funkce BLKMOV. Při odebrání vzorku je kód RFID tagu připevněn na láhvi, který se v danou chvíli nachází nad čtečkou do paměti DB.



Obr. 39 - Zápis pomocí BLKMOV

Návrh zpracování dat pro nadřazený systém není předmětem této práce a v době její realizace nebyl stále nebylo vytvořeno. Napojení v projektu (viz. Obr. 39) je tedy pouze symbolické. Byla však vytvořena tabulka (viz Tab. 4), která demonstruje, jak bude datový blok určený pro informace o odebraném vzorku vypadat. Každý odběr má 5 hodnot, kde první je ID, které je dané pořadím vzorku. Další hodnota (Láhev) je vytvořena pomocí BLKMOV a obsahuje kód RFID čipu. Každý odběr má časovou značku. Původ slouží k určení druhu a původu materiálu. Cíl je hodnota, která poskytuje

informaci, na jakou loď materiál míří. Systém tedy umožňuje přesnou charakteristiku vzorku pro případné budoucí testování vzorku v laboratoři.

Tab. 4 - Data pro identifikaci vzorku

ID odběru	Láhev	Čas	Původ	Cíl
1	RFIDTAG1	Time1	ORIGIN1	SHIP1
2	RFIDTAG1	Time2	ORIGIN1	SHIP1
3	RFIDTAG1	Time3	ORIGIN1	SHIP1
4	RFIDTAG2	Time4	ORIGIN1	SHIP2
5	RFIDTAG2	Time5	ORIGIN1	SHIP2
6	RFIDTAG2	Time6	ORIGIN1	SHIP2

2.8.1 Přijímání příkazů pro odběr vzorku

Jelikož součástí technologie vzorkovací stanice není žádný mechanismus umožňující měření objemu materiálu protečeného po pasových dopravnících je ve vytvořené logice prostor pro napojení signálu, který bude přicházet z dalších částí řs technologie, která potřebná zařízení obsahuje. Jednotlivé odběry vzorků budou v automatickém režimu provedeny na základě tohoto povelu.

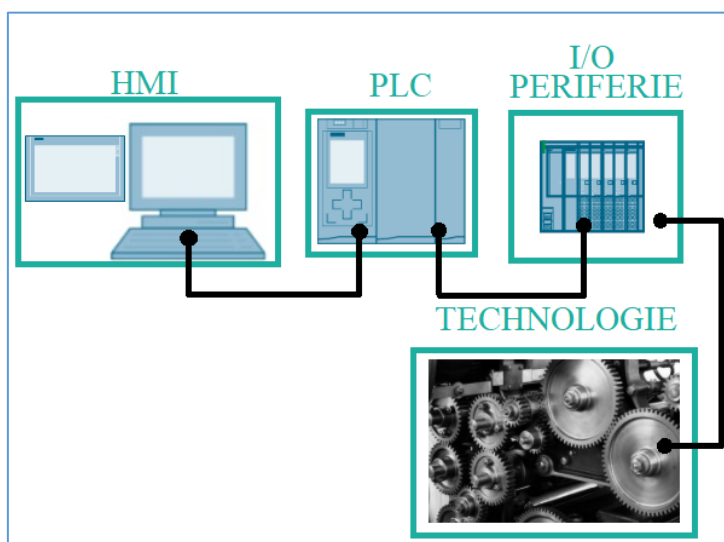
3 Simulace

Návrh řídicího procesu je vždy spjat s reálnou technologií, na kterou bude řídicí systém napojen. Ve většině případů řízení průmyslových procesů nelze při vývoji řídicího algoritmu testovat jeho chování na reálném zařízení. V takovýchto případech je využíván simulační software, který v rámci svých možností umožňuje pomocí virtuálních procesů simulovat procesy reálné. Simulace tedy nahrazuje řídicímu systému virtuální náhradu řízené technologie z pohledu I/O. Nejedná se ideální náhradu řízeného systému, je to však velmi užitečná a využívaný nástroj.

3.1 Využití v průmyslu

Při programování řídicího systému lze provádět testy pomocí připojení řídicího systému k řízené technologii (Viz Obr. 40). V tomto případě je nutné mít k dispozici náročné prostory s technologií.

Některé technologie však lze řídit pouze v místě jejich instalace. Dále je potřeba zprovoznit veškerou elektroinstalaci, senzory, I/O a zabezpečit bezpečnost. Programátor, potažmo programátorský team, musí být u instalace fyzicky připojen, nebo musí využít bezdrátového přístupu, který nese riziko závislosti na funkcionalitě sítě. Testy a vývoj řídicího programu je v takovém případě možný pouze v případě, že daná instalace je dokončena na čas v závislosti na celé řadě dodavatelů a prací. Dalším problémem v případě testování a vývoje na reálné technologii je možnost poškození řízeného systému a velká spotřeba energie kvůli nutnosti téměř nepřerušovaného napájení.



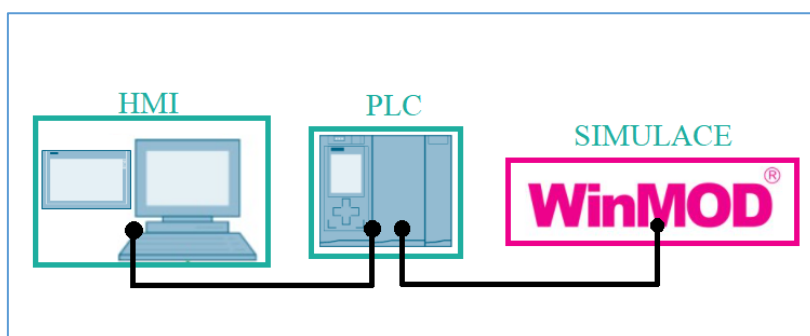
Obr. 40 - Schéma připojení řídicího systému na technologii

Testování a vývoj přímo na reálné technologii tedy sebou nese problémy bezpečnosti a časové náročnosti, což v důsledku zapříčiňuje velký nárůst ceny. Řešením je využití simulace a danou technologii zastoupit softwarem, který umožňuje řízený systém a potřebné I/O nahradit.

Ve fázi vývoje a testování řídicího softwaru se tedy využívá PC s příslušným simulačním softwarem propojeným se systémem řídicím (viz Obr. 41). Simulace nikdy nebude mít absolutní možnost

napodobení reálné technologie, jelikož každé zprovoznění řídicího systému je unikátní. Může však propůjčit řadu užitečných vlastností, ze kterých vyplývají tyto výhody:

- Zamezení poškození reálných technologií
- Možnost vývoje paralelně s výrobou a montáží technologie
- Vyladění a optimalizace řídicího programu
- Možnost prezentace systému zákazníkovi před nasazením
- Možnost výcviku operátorů
- Snížení ceny za návrh řídicího softwaru



Obr. 41 - Řídicí systém napojený na simulační software

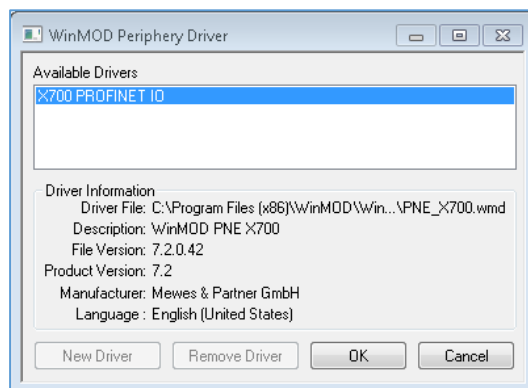
3.2 Realizace simulace vzorkovací stanici v prostředí WinMOD

Ve firmě Ingeteam a.s. je k provádění simulací standardně využíván simulační software WinMOD. Využívá především k návrhu velkých průmyslových procesů a instalací. Simulační program umožňuje simulaci reálných procesů pomocí logických obvodů, matematických funkcí a tabulek hodnot naměřených na reálných zařízeních. Následující kapitoly popisují nástroje a postup využitý k vytvoření simulace pro vzorkovací stanici.

3.2.1 HW konfigurace

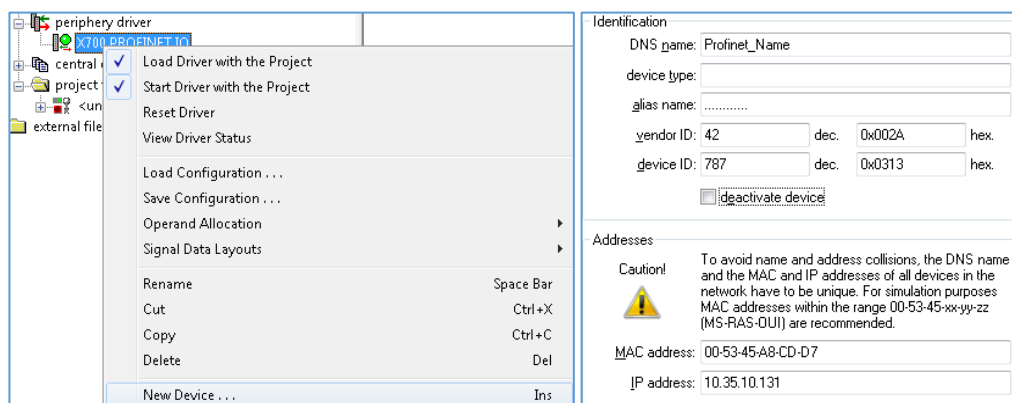
WinMOD disponuje celou škálou možností pro komunikaci s PLC. Pro tuto práci byla zvolena komunikační sběrnice Profinet. Do simulace lze nahrát virtuální HW konfiguraci tak, že WinMOD provede scan na sběrnici a pokud je v komunikační síti zapojeno PLC s vytvořenou HW konfigurací simulace tuto konfiguraci převeze.

Prvním krokem je definice komunikačního rozhraní (viz Obr. 42).



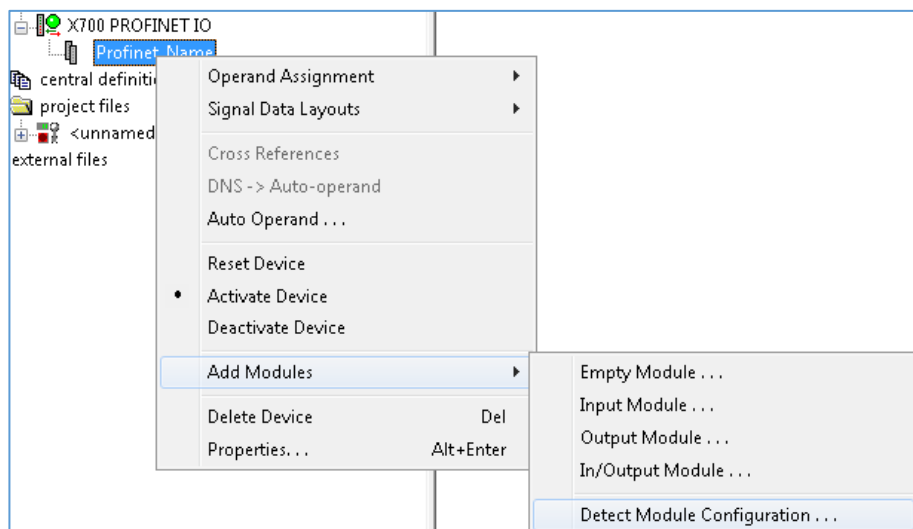
Obr. 42 - WINmod profinet

Druhý krok je definování všech IOdevice v projektu pomocí nastavení typu zařízení, Profinet name, MAC a IP adresy (viz Obr. 43).



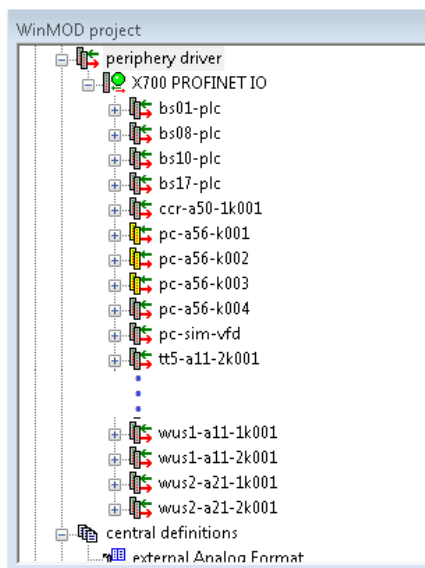
Obr. 43 - WINmod IOdevice konfigurační

Posledním krokem je detekce zařízení na síti a detekování všech karet přidávaných do HW konfigurační v prostředí TIA (viz Obr. 44).



Obr. 44 - WINmod načtení HW konfigurační

Výsledná HW konfigurace simulace tedy zrcadlí HW konfiguraci PLC (viz Obr. 45). Jednotlivé karty však mají své adresy, které nemají nic společného s adresami PLC. Je tedy nutné k jednotlivým bitům a WORDům přiřadit reálné adresy.



Obr. 45 - Ukázka simulační HW konfigurace

3.2.2 Import symbolických a fyzických adres

HW konfigurace simulace se pro PLC jeví jako reálná. V simulačním programu však jednotlivé IOdevice a vytvořené karty jsou pouze označeny podle profinet names a čísel v závislosti na pořadí v konfiguraci. Je jim tedy nutné přiřadit adresy korespondující s adresami v PLC.

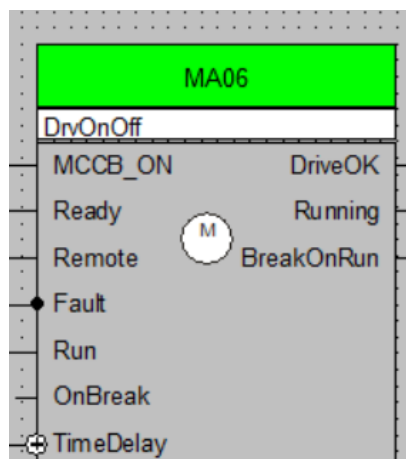
Import adres probíhá prostřednictvím navázání adres z IOlistu pomocí prostředí WINmod na signály virtuálních karet.

3.2.3 Nástroje pro tvoření simulace

Simulační program WinMOD disponuje knihovnou nástrojů určených pro vytváření simulace. V simulaci pro vzorkovací stanici byly využity především funkce AND, OR a jejich negace. Dále časovače, čítače a RS obvody. Celý výčet možných nástrojů je uveden v přílohách.

3.2.4 Makra

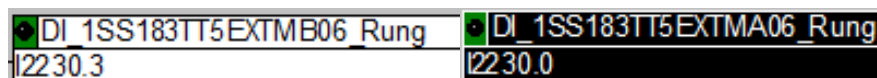
Jedná se o skupiny funkcí a nástrojů z knihovny WinMODE, které tvoří tzv. makra. Jsou využívány v případě, že se některé prvky simulace často opakují. Dalším důvodem může být velký rozsah a následná špatná přehlednost. Při programování simulace je tedy potřeba počítat jak s možností využívání před vytvořených maker, tak s jejich úpravou nebo tvorbou maker zcela nových. Obrázek č. 46 popisuje makro zařízení, které může řídicí systém buď zapnout nebo vypnout tzv. DrvOnOff. Vstupní a výstupní proměnné jsou napojeny na vnitřní strukturu makra, která vznikala po dobu mnoha realizací simulací. Vstupy a výstupy makra nemusí být napojeny přímo na rozhraní podléhající komunikaci s PLC, ale je možné je buď nevyužít, nebo případně určit jejich hodnotu přímo v simulaci pomocí vyvedení obecné proměnné a funkce force.



Obr. 46 - WINmod DrvOnOff

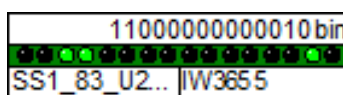
3.2.5 Napojení a ovládání proměnných

Všechny adresy napojeny na virtuální karty reprezentují jednotlivé proměnné pro tvorbu simulace. Obrázek 47 znázorňuje vyvedení proměnných využitých na simulační plochu. Každý štítek v závislosti na nastavení zobrazuje fyzickou i symbolickou adresu. Zeleně orámovaný bod signalizuje logickou úroveň hodnoty. Černé podbarvení značí tzv. „force“ a umožňuje nastavení proměnné bez ohledu na řídicí systém nebo zbytek simulační logiky.

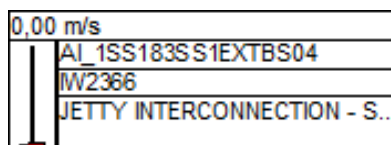


Obr. 47 - Proměnné simulace

Analogové veličiny a proměnné komunikující prostřednictvím slov (WORD) jsou znázorněny na obrázcích č. 42 a 43. Analogové hodnoty se nastavují v rámci procent a simulační hodnota je určena na základě konkrétního zdroje veličiny.



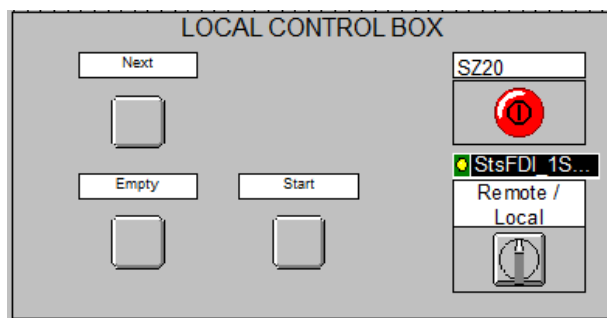
Obr. 48 - Word WINmod



Obr. 49 - Analog WINmod

3.2.6 Lokální kontrolní boxy (LCB)

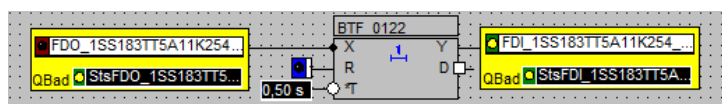
Simulace LCB slouží vytvoření rozraní pro lokální ovládací a bezpečnostní prvky. Ve většině případů se jedná o náhradu fyzických tlačítek a přepínačů. Hlavním prvkem každého z boxů je přepínač mezi lokálním operačním módem (viz Obr. 50). Většina boxů obsahuje i zvýrazněná bezpečnostní tlačítka. Napojení signálu na komponenty lokálních kontrolních boxů probíhá pomocí proměnných napojených na virtuální karty.



Obr. 50 - LCB kolektor

3.2.7 Bezpečnostní prvky

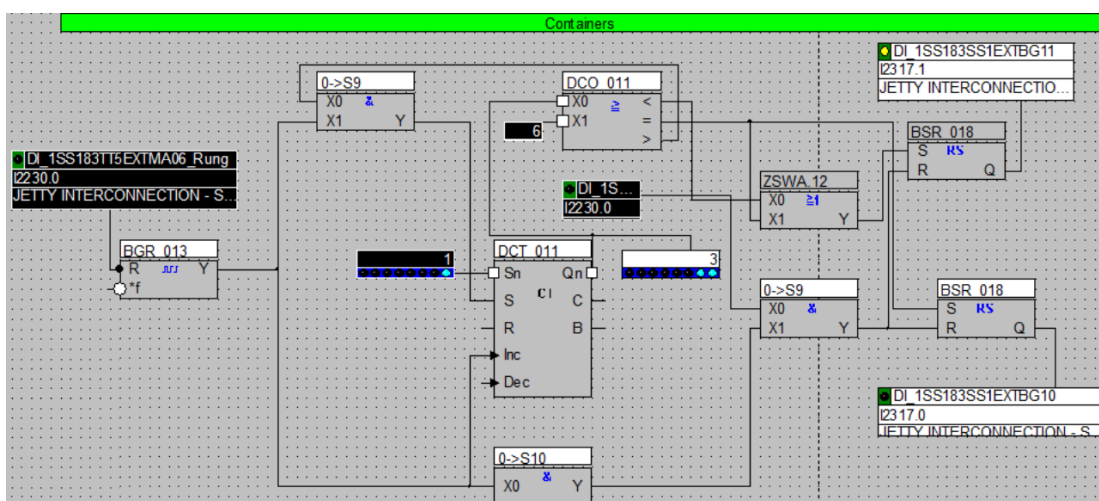
Jednotlivé bezpečnostní signály jsou stejně jako standartní napojeny na virtuální karty. Veškeré signály bezpečnostních prvků jsou doplněny o Qbad signály. Tyto signály mají za úkol dávat zpětnou vazbu o stavu bezpečnostních signálu. Obr. 51 - Bezpečnostní relé K254 znázorňuje simulaci bezpečnostního relé, které odpojuje zařízení v případě nebezpečí nebo nestandardní situace.



Obr. 51 - Bezpečnostní relé K254

3.2.8 Vytvoření logiky a otestování simulace

Na Obr. 52 je znázorněna část simulace pro otočný karusel kolektor vzorků popsany v kapitole první. Simulace karuselu při chodu motoru čítá a při každé změně čísla je zaslán impuls na signál bezkontaktního senzoru. Při dosažení hodnoty 6 je vytvořen signál i na druhý bezkontaktní senzor a je čítač vyresetován. Takto vytvořená logika umožňuje v rámci simulace systému měnit pozice jednotlivých láhví se vzorky a kdykoli nastavit výchozí pozici. Stejnými prostředky a postupy je vytvořen zbytek simulace, který je uveden na konci diplomové práce jako jediná příloha.



Obr. 52 - Simulace kolektor

4 Návrh a realizace vizualizace

Vizualizace je v dnešní době stěžejní částí automatizace. Jedná se o prvek, který celý proces propojí s jeho koncovým uživatelem. Může běžet na osobních počítačích, dotykových panelech nebo třeba i na mobilních telefonech a tabletech. Vizualizace by měla jednoznačně a přehledně popisovat stav řízeného systému a umožnit jeho intuitivní ovládání. Musí mít promyšlenou grafickou kompozici, která bude šetrná k očím uživatele, jelikož v některých případech technologie vyžaduje neustálý dohled prostřednictvím vizualizace. Vizualizace pro tuto práci je vytvořena pomocí WinCC Profesional.

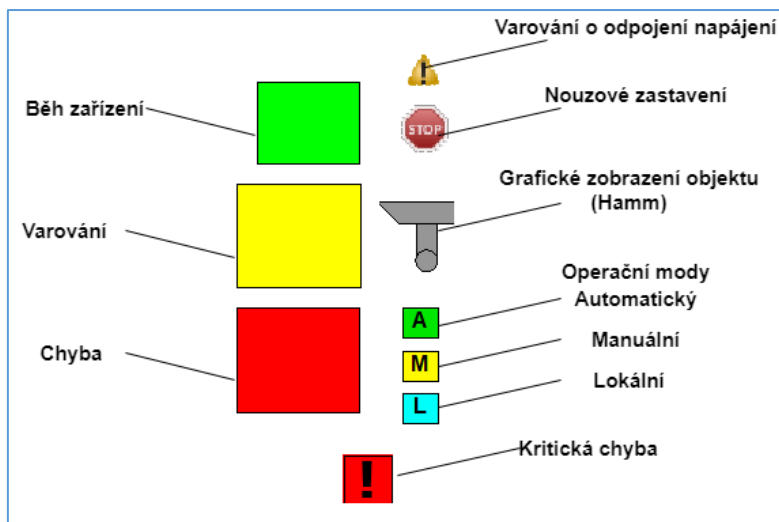
4.1 WinCC

WinCC je součást softwaru TIA v16.0, kde však potřebuje svou licenci. Umožňuje tvoření komplexních vizualizačních systémů pro počítačové pracovní stanice a dotykové panely. Je tedy možné vytvořit komunikaci mezi PLC a HMI bez třetí strany (OPC). Jednotlivé komunikační proměnné mohou být využity na základě struktur DeflistMAIN.

4.2 Knihovna HMI objektů

Knihovna šablon umožňuje vytvoření šablon pro různé typy grafických objektů pro následné instancování.

Obrázek 53 popisuje vytvořenou šablonu ikony pro vzorkovací kladivo. Jednotlivé části ikony slouží k napojení HMI tagů a přesnému podání informací o stavu zařízení.

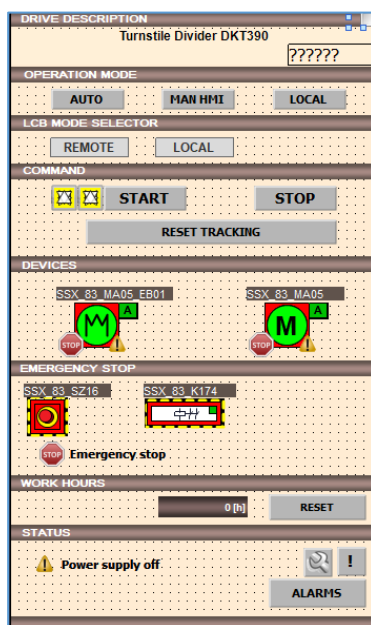


Obr. 53 - Součásti ikony zařízení Hamm

4.2.1 Vyskakovací okna (PopUpy)

PopUp, neboli vyskakovací okno je prostředek pro maximální zpřehlednění obrazovek vizualizace. Operátor nemusí mít zobrazeny všechny informace, ale může zobrazit pouze okna zařízení, která potřebuje. Jednotlivá vyskakovací okna obsahují tlačítka určená pro napojení HMI tagů, ikony dalších objektů, ikony podmínek běhu a prvky pro signalizaci stavu zařízení. K otevření popupu dochází prostřednictvím scriptu na ikoně, ke které popup náleží.

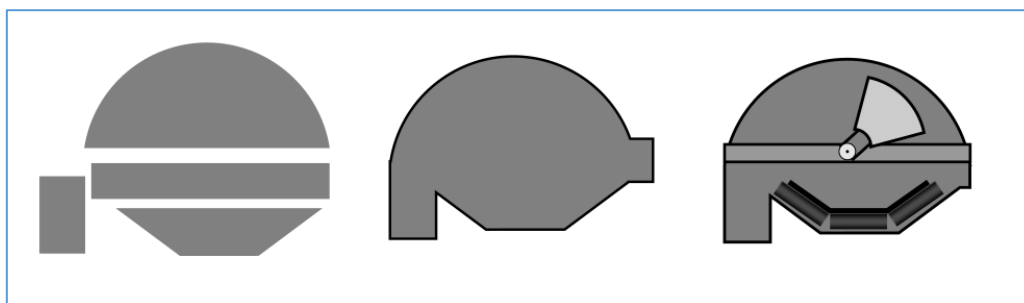
Obrázek č. 54 znázorňuje popup pro TurnDiv. Tlačítka ve vrchní části okna jsou určena k přepínání mezi operačními módy. Pod těmito tlačítky jsou objekty signalizující pozici přepínače operačních módů na LCB. Další tlačítka jsou určena k přepínání operačních módů a zobrazení podmínek běhu. Další část okna je vyhrazena pro ikony objektů náležící do skupiny TurnDiv. Dolní část okna je určena k ikonám bezpečnostních prvků, signalizačním objektům pro chyby a varování. Poslední část okna slouží k zobrazení a resetování odpracovaných hodinám zařízení a zobrazení seznamu chyb a varování za dobu běhu zařízení. Pro každý z objektů a zařízení je vytvořen jeden popup.



Obr. 54 - Popup TurnDiv

4.3 Inscape

Inscape je editor pro tvoření vektorové grafiky. Jedná se o ideální nástroj pro tvoření grafického pozadí znázorňující technologii na vizualizačních obrazovkách. Pomocí přehledného uživatelského rozhraní lze vytvořit celou škálu různých grafických objektů vhodných pro znázornění technologie, kterou daná HMI umožňuje ovládat a vizualizovat (viz Obr. 55). Jednotlivé objekty se exportují ve formátu .png, což zajišťuje dostatečnou kvalitu grafických objektů. Následující obrázek popisuje základní postup při skládání jednotlivých částí grafického zobrazení vzorkovacího kladiva, které bylo využito při tvorbě vizualizace.



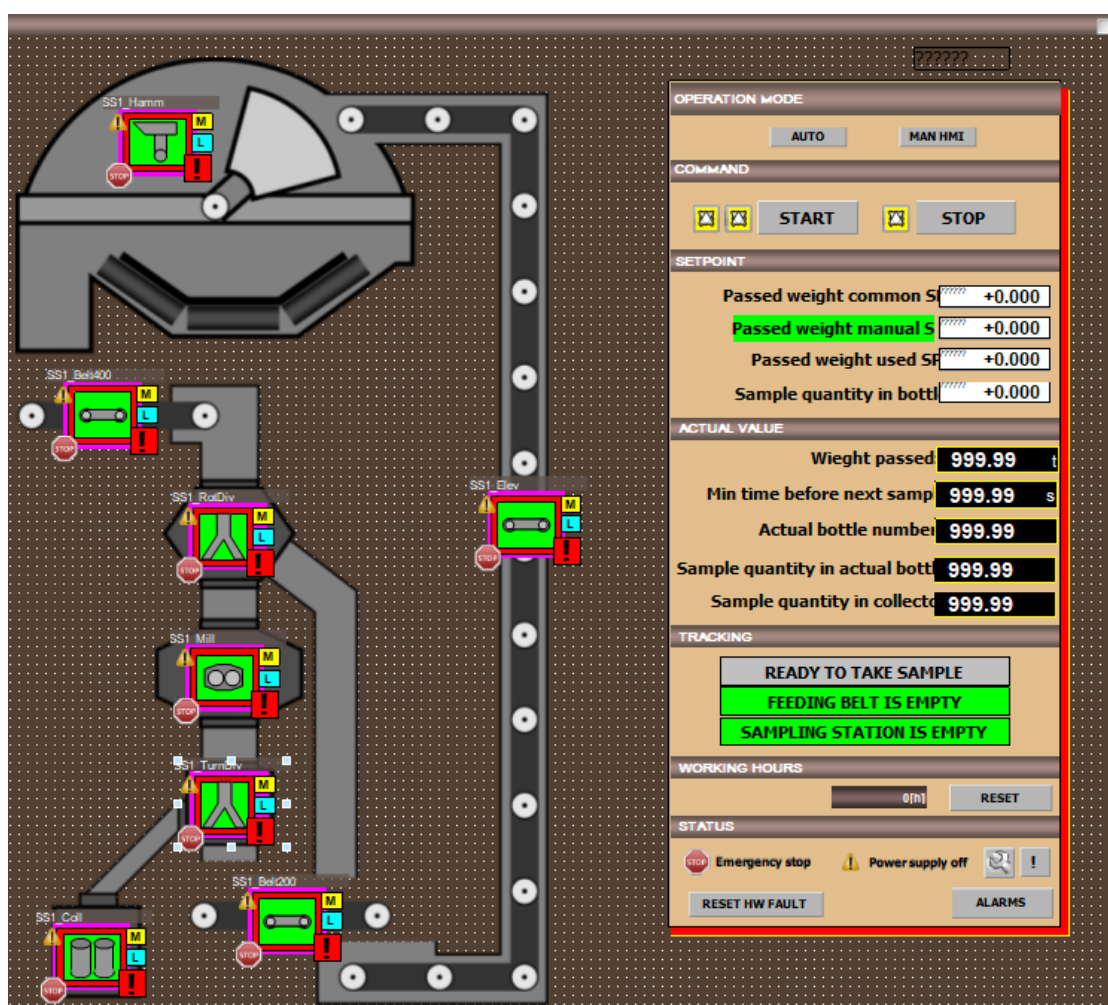
Obr. 55 – Postup skládání objektů

4.4 Hlavní obrazovka HMI vzorkovací stanice

Hlavní obrazovka (viz Obr. 56) obsahuje souhrn všech ikon zařízení a ovládacích modulů pro vzorkovací stanici. Umožňuje operátorovi ovládat a dohlížet na jednotlivé části vzorkovací stanice, vytvořit příkaz pro odběr vzorku.

Levá strana vzorkovací stanice sestává z grafické podoby vzorkovací stanice a ikon pro jednotlivé moduly stanice. Jednotlivé ikony umožňují rozkliknutí a otevření popupu zařízení.





Pravá strana se skládá z ovládacích prvků vzorkovací stanice. Horní část slouží k přepínání operačních režimů. Část tlačítka START/STOP slouží k aktivaci startovací a zastavovací sekvence. Část pod nimi je určena pro nastavení a odečítání hodnot pro automatický režim stanice. Zahrnuje jednotlivé setpointy pro nastavení odběru vzorků na základě přesunutého množství prostřednictvím hlavního dopravníkového pásu. Všechny části jsou rozmístěny podobně, jako u vyskakovacích oken.



Obr. 56 - Hlavní obrazovka vzorkovací stanice

4.4.1 Napojení HMI tagů na grafické objekty

Jednotlivé objekty jsou napojeny prostřednictvím HMI tagů vygenerovaných ve funkčních blocích (2.2.7). Obr. 57 popisuje napojení ikon otočného třídiče (TurnDiv) na signály. Jednotlivé signály jsou napojeny na základě DeflistuMAIN, kde jsou popsány všechny struktury bajtů spolu s jejich významem.

▼ Tags			
► Sts_B00			SS1_TurnDiv_HmiSts.B00
► Sts_B01			SS1_TurnDiv_HmiSts.B01
► Sts_B02			SS1_TurnDiv_HmiSts.B02
► Sts_B03			
► Sts_B04			
► Sts_B05			SS1_TurnDiv_HmiSts.B05
► Sts_B07			

Obr. 57 – Napojení HMI tagů

4.4.2 VB scripty

Jelikož se některé objekty liší pouze prefixem, tedy předponou ve jméně objektu, jsou jejich názvy doplňovány automaticky pomocí Visual Basic scriptu. Obr. 58 popisuje doplnění tagu pro zařízení součásti TurnDevice prefixem z předchozí části. V tomto případě SS1. [17]

```

2 Sub OnObjectChange(ByVal item)
3 ScreenItems("_83_MA05_EB01").TagName = item.Text + "_83_MA05_EB01"
4 ScreenItems("_83_MA05_EB01").ToolTipText = item.Text + "_83_MA05_EB01"
5
6 ScreenItems("_83_MA05").TagName = item.Text + "_83_MA05"
7 ScreenItems("_83_MA05").ToolTipText = item.Text + "_83_MA05"
8
9 ScreenItems("_83_SZ16").TagName = item.Text + "_83_SZ16"
10 ScreenItems("_83_SZ16").ToolTipText = item.Text + "_83_SZ16"
11
12 ScreenItems("_83_K174").TagName = item.Text + "_83_K174"
13 ScreenItems("_83_K174").ToolTipText = item.Text + "_83_K174"
14
15 ScreenItems("TurnDiv_Inlck_Str").TagName = item.Text + "_TurnDiv"
16 ScreenItems("TurnDiv_Inlck_Run").TagName = item.Text + "_TurnDiv"
17 ScreenItems("Obj_Param").TagName = item.Text + "_TurnDiv"
18 ScreenItems("Obj_CFlt").TagName = item.Text + "_TurnDiv"
19 ScreenItems("Obj_Alarms").TagName = item.Text + "_TurnDiv"
20
21 End Sub

```

Obr. 58 - HMI VB script

5 Testování systému

Podstatnou částí vývoje řídicího systému je testování, které zahrnuje především kontrolu provedení vizualizace, PLC programu a simulace ověřeným způsobem. Dalším důležitým krokem je otestování naprogramované části v rámci zapojení všech vytvořených částí a vyzkoušení správné funkcionality systému. Veškeré testování a kontroly kvůli rozsahu jednotlivých částí probíhá průběžně, jelikož v případě vytvoření chyby v rané části projektu by mohlo dojít k napojení dalších částí, které by musel být následně přepracovány.

5.1 PLC

Při tvoření hardwarové konfigurace je nutné zkontrolovat, že všechny konfigurovaná zařízení mají správnou IP adresu a profinet name. Počet a rozdělení karet mezi kartami musí sedět s počtem v návrhu projektu. U každého zařízení je kontrolováno katalogové číslo a pořadí karet v racku. Dále je kontrolováno, které karty slouží k připojení zdroje.

V rámci programování je nutné kontrolovat dodržení struktury a dodržení volání bloků podle Deflistu. Vždy po vytvoření ucelené programové části je zkontrolováno, zda jsou vytvořeny veškeré datové bloky pro funkční bloky korespondující s názvem vytvořeným v deflistu. Následně je kontrolována umístění bloků v struktuře projektu.

5.2 Simulace

V rámci vývoje simulace je kontrolována hlavně konfigurace virtuálních karet. Podobně je nutné překontrolovat i vytvořená makra korespondující s objekty v Deflistu.

5.3 Vizualizace

Kontrola vizualizace zahrnuje kontrolu vytvořených grafických objektů, jejich napojení a ovládací prvky. Dále kontrolu scriptů pro předávání prefixů mezi okny vizualizace.

5.4 Test systému

Testování systému probíhá v několika částech. V první části se testují jednotlivá zařízení. V další moduly vzorkovací stanice a v poslední části test sekvencí vzorkovací sekvence. Testování probíhá po dokončení všech částí projektu částí z prostředí HMI.

První část systému zahrnuje testování zařízení na nejnižší úrovni. Jedná se o test základních prvků jako jsou motory, ohřevy a senzory. Tyto prvky systému jsou vždy podřazeny skupinám a jsou vždy v automatickém operačním modu. Jejich test probíhá tedy prostřednictvím TEST. V testovacím režimu je možno zařízení zapnout a vypnout bez ohledu na nadřazenou strukturu. Tímto způsobem je otestován vyvinutý řídicí systém od HMI přes PLC část po simulaci. Při nestandardním výstupu je znovu provedena kontrola propojení mezi Simulací, PLC, HMI. Na Obr. 59 je zobrazen popup brzdy, kde lze při aktivaci testovacího režimu otestovat pomocí HMI tlačítek start a stop.



Obr. 59 - Ukázka popupu brake

V další fázi jsou otestovány jednotlivé moduly vzorkovací stanice. Tyto části technologie již mají své operační panely a testy probíhají podobně jako v předchozím případě průběžně. V první řadě jsou tedy otestovány operační režimy (2.3.5), které zahrnuje vyzkoušení všech možností ovládání zařízení. Každé zařízení je tedy otestováno na funkčnost lokálního a manuálního s následným přepnutím do automatického režimu. Následně je do testování zahrnuto testování bezpečnostních prvků a reakce systému na jejich aktivaci. Dále jsou otestovány jsou všechny stavy, které mají být zobrazovány na HMI.

Poslední testovací fází zahrnuje test celé vzorkovací stanice. Tato fáze zahrnuje především test logiky naprogramované v PLC spolu s implementovanými sekvencemi. Při testu vzorkovací stanice jsou všechny její části přepnuty do automatického režimu. Prostřednictvím manuálního ovládání z HMI jsou otestovány navržené sekvence a připravenost napojení do nadřazeného systému. Je otestováno, zda statusy z jednotlivých modulů jsou zobrazovány na hlavní obrazovce vzorkovací stanice. Jsou znovu vyzkoušeny safety prvky, kde na událost na jednom modulu musí reagovat ostatní moduly.

Závěr

Úkolem této diplomové práce byl návrh a implementace aplikačního softwaru pro řízení stanice odběru vzorků uhlí. Zadání bylo vytvořeno podle specifikací a požadavků firmy Ingeteam a. s. V rozšířeném pojetí zadání bylo cílem vytvořit logiku řídicího programu pro PLC a vytvoření vizualizačního systému pro pracovní stanici. Jelikož návrh a provedení bude využit pro technologii ve Vladivostoku v Rusku je součástí práce i vytvoření simulace vzorkovací stanice. Veškeré navržené a realizované postupy a části softwaru byly zakomponovány do komplexního řídicího systému přístavu určeného pro překlad a uskladnění sypaných materiálů.

V první řadě byly o práci nastudovány podklady poskytnuté firmou Ingeteam a.s. Podklady zahrnovaly komplexní popis celého přístavu kvůli pochopení, jak v něm stanice odběru vzorků uhlí figuruje. Následně byly nastudovány podrobnější dokumenty poskytnuty výrobcem modulů stanice SIEBTECHNIK popisující jednotlivé komponenty vzorkovací stanice spolu s požadavky na jejich funkcionalitu. Jelikož vzorkovací stanice nestojí sama o sobě byl do procesu studia podkladů zahrnut i standard v jehož duchu mají být jednotlivé části práce realizovány. Standard popisující jednotlivé postupy standardně využívané v odvětví, ale i postupy využívané v rámci interního firemního vývoje řídicích systémů osvědčeného několika desítkami let. Kostrou dokumentů byla trojice „excelovských“ souborů DeflistMAIN, IOlist a DeflistPC. Tyto dokumenty slouží jako hlavní podklad pro realizaci projektu a pomocí jejich úpravou byly v práci definovány objekty, struktury objektů, jejich komunikační interface, konfigurace jednotlivých prvků na síti a spousta dalších předpokladů pro vytvoření řídicího systému.

Po vytvoření podkladů a pochopení jednotlivých požadavků definující systém návrhu řídicího systému byly navrženy sekvence pro řízení hlavních procesů v rámci vzorkovací stanice. Sekvence byly popsány v diagramech pomocí prostředků podobných sekvenčním jazykům z rodiny SIEMENS. Diagramy popisují přesný postup při zapínání, odběru vzorků a vypínání stanice. Byly navrženy tak, aby uhlí odebrané z hlavního dopravníkového pásu bylo rovnoměrně přesouváno po stanici a nemohlo dojít k jejímu poškození a zároveň, aby se žádné ze zařízení nerozsbíhalo pod zátěží.

Samotná aplikační část práce byla realizována pomocí prostředků v prostorech firmy zahrnující software i hardware. Programová část byla vytvořena pomocí hardwaru a softwaru společnosti SIEMENS. Konkrétně s využitím softwaru TIA Portal V16.0 a PLC 1518F-4 PN/DP. Prvním úkonem v rámci naplnění této části práce bylo vytvoření hardwarové konfigurace jednotlivých zařízení. Následně byly jednotlivým zařízením přiřazeny IP adresy a profinet names popsané v podkladech. Samotné programování zařízení probíhalo za využití programovacích jazyků SCL, a především blokový FBD. Byly vytvořeny instance funkčních bloků z firemní knihovny v závislosti na vytvořených objektech a strukturách spolu s vytvořením jejich interfacu. V rámci vytváření jednotlivých bloků byly vytvořeny instance bloků i pro SIMATIC safety integrated, což je část zajišťující řízení bezpečnostních prvků. Pro propojení s nonsafety částí byly vytvořeny speciální komunikační bloky. Následně byla vytvořena řídicí logika zajišťující spouštění jednotlivých zařízení, přepínání jejich operačních módů, vytvoření podmínek běhu a nastaveny parametry definující vlastnosti a limity prvků technologie vzorkovací stanice. Byly implementovány vytvořené sekvence. Jako další úkon v rámci PLC části byly na vytvořené bloky a řídicí logiku napojené adresy definované IO listem. Napojení na vyšší úroveň systému bylo vyřešeno zápisem informací o vzorku pomocí rfid technologie do datového bloku.

Jelikož při vývoji řídicího systému nebyla k dispozici byly využity možnosti simulačních nástrojů. Simulace byla vytvořena pomocí klasické pracovní stanice vybavené simulačním softwarem WinMOD. Základním požadavkem bylo, aby simulační stanice byla ve stejné síti, jako PLC. V první řadě byla v simulačním softwaru vytvořena komunikační a hardwarová konfigurace korespondující s konfigurací v PLC zahrnující jednotlivá ET. Po následném připojení přes komunikační rozhraní profinet do interfacu PLC načetl simulační software jednotlivé vstupní a výstupní karty. Následně byly naimportovány fyzické a symbolické adresy na vstupy a výstupy simulačních karet. Naimporotvané adresy byly vyvedeny formou signálů na simulační plochu. Simulace reálných ovládacích a bezpečnostních prvků byla docílena vytvořením lokálních kontrolních boxů tzv. LCB. V další fázi tam kde to šlo byly využity před vytvořená makra základních objektů, jako jsou motory, měniče, ohřevy a logické bloky pro analogové veličiny a bezpečnostní prvky. Složitější logika byla vytvořena pomocí blokového jazyka WinMODu. Postupně byla vytvořena logika pro všechny moduly tvořící vzorkovací soustavu. Vytvořená logika a lokální kontrolní boxy byly napojeny na vyvedené signály.

Požadavky na vizualizaci byly naplněny, stejně jako v případě PLC programu, pomocí TIA Portal V16.0. Tentokrát však s využitím nadstavby zvané WinCC, což je prostředí pro vytváření HMI systémů od firmy SIEMENS. Vizualizace byla vytvořena na runtime pro klasické PC s operačním systémem Windows. Jako základ vizualizace byla ve editoru vektorové grafiky Inskacape vytvořena grafická podoba technologie vzorkovací stanice. Následně byla vytvořena vyskakovací okna tzv. popupy pro jednotlivé součásti vzorkovací stanice a hlavní obrazovka vzorkovací stanice. Byly vytvořeny ikony a ovládací prvky pro jednotlivá zařízení, které byly následně rozmístěny na popupy a obrazovku vzorkovací stanice. Na vytvořené objekty byly napojeny HMI tagy vygenerované v logice PLC kódu. Předávání statusů mezi obrazovkami a vyskakovacími okny byly vytvořeny Visual Basic script.

Celá práce byla napsána tak, aby byly zdokumentovány všechny postupy návrhy a realizace. Každá část obsahuje podkapitoly napsané s důrazem na naplnění vytvoření dokumentace. Ta je tedy tvořena v rámci částí řešení a nikoli jak samostatná kapitola. V kapitolách zahrnující dokumentaci jsou popsány vytvořené diagramy pro návrh kódu, schémata popisující struktury zařízení v systému. Dále jsou popsány komunikační konfigurace a využitá rozhraní.

Testování systému popsané v poslední kapitole předcházela kontrola celého provedení všech částí návrh a implementace řídicího systému. Tato část práce spočívala ve zpětném zkontrolování napojení všech klíčových částí řídicího systému s ohledem na jejich propojení. Podle dodaných podkladů byla překontrolován hardwarová konfigurace. V rámci PLC programu byly překontrolovány vytvořené bloky s ohledem na umístění ve struktuře projektu a napojení jednotlivých adres na vytvořenou logiku. V rámci simulace bylo zkontrolováno komunikační rozhraní, hardwarová konfigurace a napojení adres na simulační karty. Kontrola vizualizace zahrnovala ověření správnosti napojení grafických objektů pomocí HMI tagů a kontrolu scriptů pro předávání statusů mezi obrazovkami. Samotné testování pak zahrnovalo postupné otestování všech částí systému prostřednictvím vizualizace a simulace. Otestovány byly jednotlivá zařízení, následně jejich skupiny. Testování zahrnovalo průchod všemi možnostmi systému pomocí ovládacích a bezpečnostních prvků. V rámci testu vzorkovací stanice jako celku byly otestovány navržená řídicí logika a sekvence. Byly otestovány různé nestandardní stavy a poruchy vyvolané na všech zařízeních.

Celý systém byl navržen tak, aby byl jednoduše upravitelný. Tato vlastnost je stěžejní, jelikož byl systém navržen s využitím simulačního softwaru. Při reálném nasazení se musí počítat rozdíly mezi poskytnutými podklady a realitou. I přes maximální možnou snahu navrhnout systém co nejlépe je počítáno s úpravou některých částí řídicího systému při uvádění do provozu. Datum uvedení do provozu je kvůli pandemii COVID-19 však v době psaní diplomové práce stále neurčité.

Použitá literatura

- [1] PETRUZELLA, Frank. Programmable Logic Controllers fifth edition. New York: McGraw-Hill, 2017 [cit. 2021-01-22]. ISBN 978-0-07-337384-3
- [2] BOLTON, William. Programmable Logic Controllers 4th. Boston, 2006[cit. 2021-02-22]. ISBN 978-1856177511
- [3] BERGER, Hans. Automating with SIMATIC S7-1500. Germany: Publicis MCD Verlag, 2017 [cit. 2021-01-23]. ISBN 978-3895784606
- [4] KOZIOREK, Jiří, KOCIÁN, Jiří, CHROMČÁK, Libor a LÁRYŠ, Tomáš. Distribuované systémy řízení. VŠB-TU Ostrava, 2011[cit. 2020-08-25]. ISBN 978-80-248-2599-1.
- [5] SIMATIC safety integrated [online]. [cit. 2020-09-12].
Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:5d22a993-e055-4e88-a1ff-1ab66a3f3f05/3-63982-version-von-dffa-b10151-02-ws-simatic-safety-1-dffa-b101.pdf>
- [6] SIMATIC safety integrated - Broschure [online]. [cit. 2020-09-15].
Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/safety-integrated/factory-automation/offering/simatic-safety.html>
- [7] SIEBETCHNIK - Sampling equipment [online]. [cit. 2020-09-22].
Dostupné z: <https://www.siebtechnik-tema.com/products/sampling-crusher-laboratory-equipment/>
- [8] SIMATIC Safety - Configuring and Programming [online]. [cit. 2021-03-15].
Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/54110126/simatic-industrial-software-simatic-safety-configuring-and-programming?dti=0&lc=en-US>
- [9] S7 – Graph – programming manual [online]. [cit. 2020-10-17].
Dostupné z: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/630/1137630/att_28560/v1/Graph7_e.pdf
- [10] SIEBTECHNIK – Sampling and sample preparation [online]. [cit. 2021-01-18].
Dostupné z: https://www.siebtechnik-tema.com/wp-content/uploads/2020/05/wb240e_probenahme_2020.pdf

[11] SIEMENS WinCC V16 [online]. [cit. 2020-11-18].

Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109773506/simatic-step-7-basic-professional-v16-and-simatic-wincc-v16?dti=0&lc=en-WW>

[12] SCE S7-1500 TIA Portal [online]. [cit. 2020-11-20].

Dostupné z: <https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/tia-portal/summary-sce-training-curriculum-s7-1500-en.pdf>

[13] PROFINET System Description [online]. [cit. 2020-12-11].

Dostupné z:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/127/19292127/att_69558/v1/profinet_system_description_en-US_en-US.pdf

[14] Programming Style Guide for S7-1200/S7-1500 (2018) [online]. [cit. 2020-12-12].

Dostupné z:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/084/109478084/att_900353/v1/81318674_Programming_Styleguide_DOC_v12_en.pdf

[15] Manual – programming style S7-1500 (2016) [online]. [cit. 2021-02-01].

Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:c7de7888-d24c-4e74-ad41-759e47e4e444/Programovani-S7-1200-1500-2018.pdf>

[16] SIMATIC SCL – S7-1200 [online]. [cit. 2021-02-16].

Dostupné z: <https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/tia-portal/advanced-programming-s7-1200/sce-051-201-scl-s7-1200-r1709-en.pdf>

[17] WinCC - TIA portal V15 [online]. [cit. 2021-02-05].

Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:1a53fe6d-4101-4166-9c87-b8dd4301bb4f/gmp-simatic-wincc-v15-en.pdf>

[18] WinMOD - Process Libraries[online]. [cit. 2021-04-10].

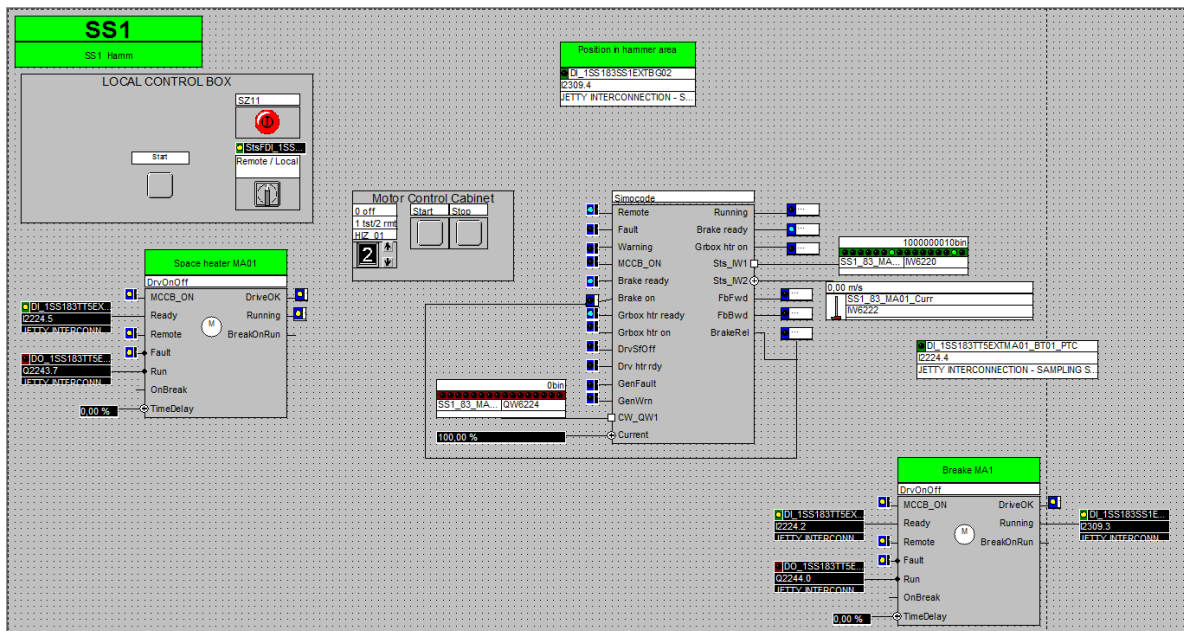
Dostupné z: <https://www.winmod.de/english/utilizations/plant-simulation/>

[19] TCP/IP - základní popis [online]. [cit. 2021-03-25].

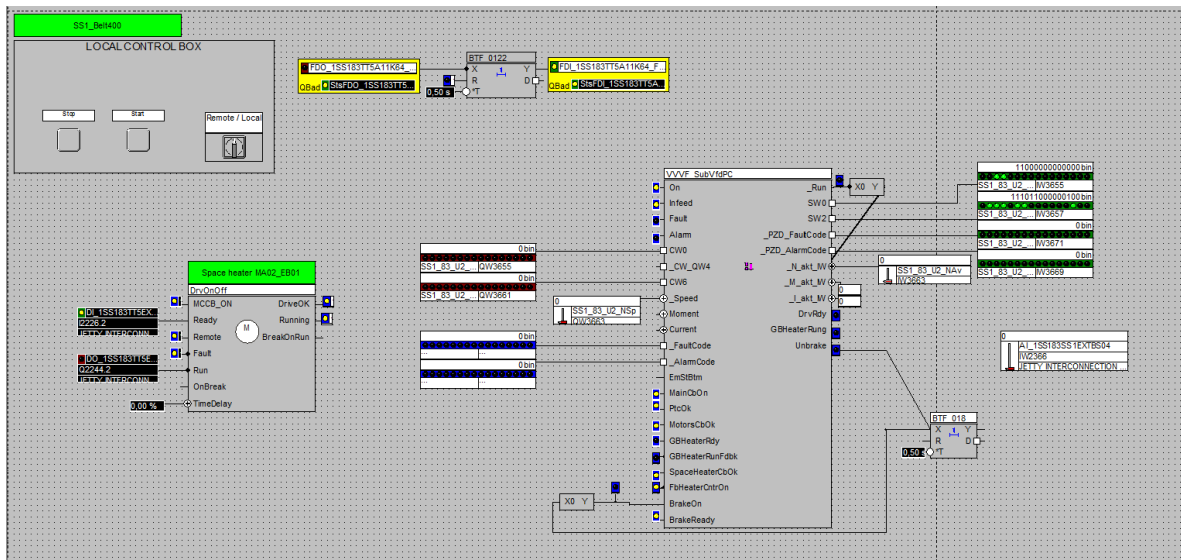
Dostupné z: https://www.ped.muni.cz/wtech/03_studium/teps/teps-03.pdf

Seznam příloh

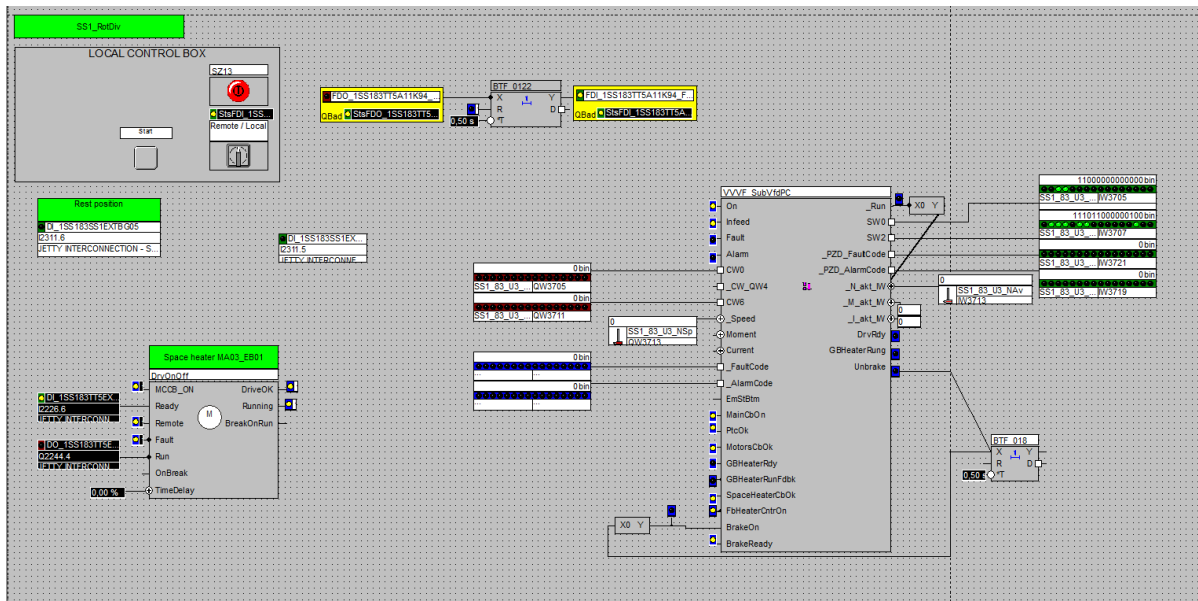
Simulace v SW WinMOD



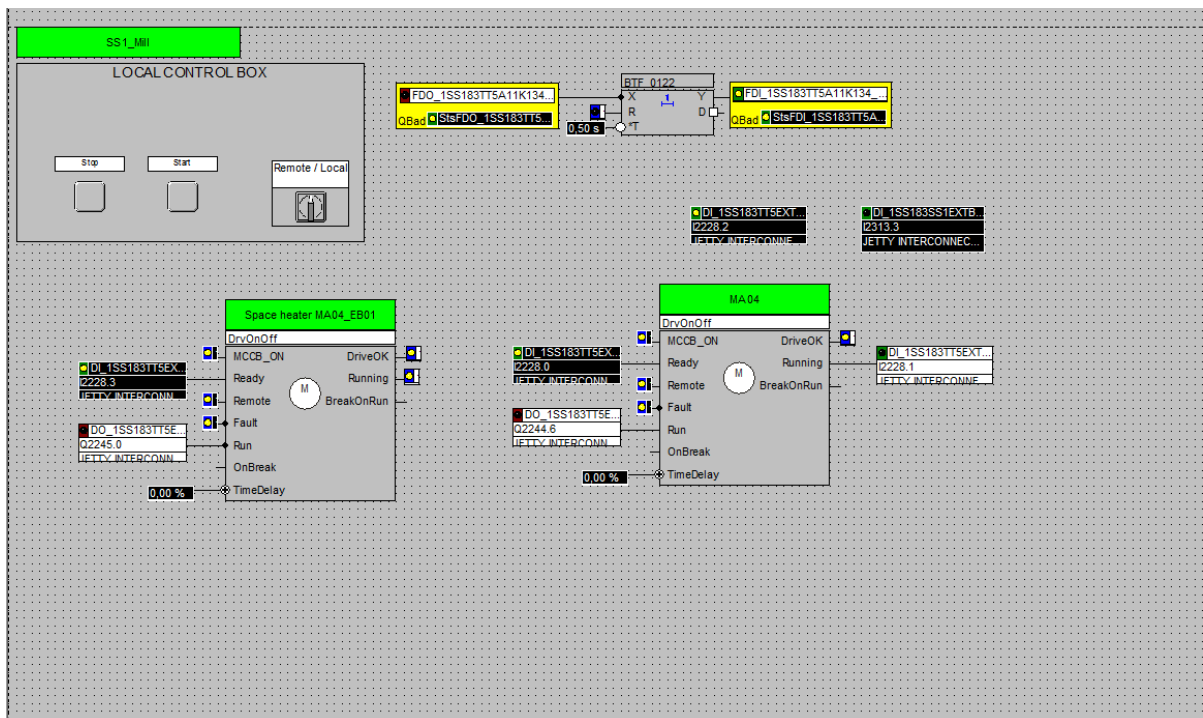
Simulace objektů pro HPN1600



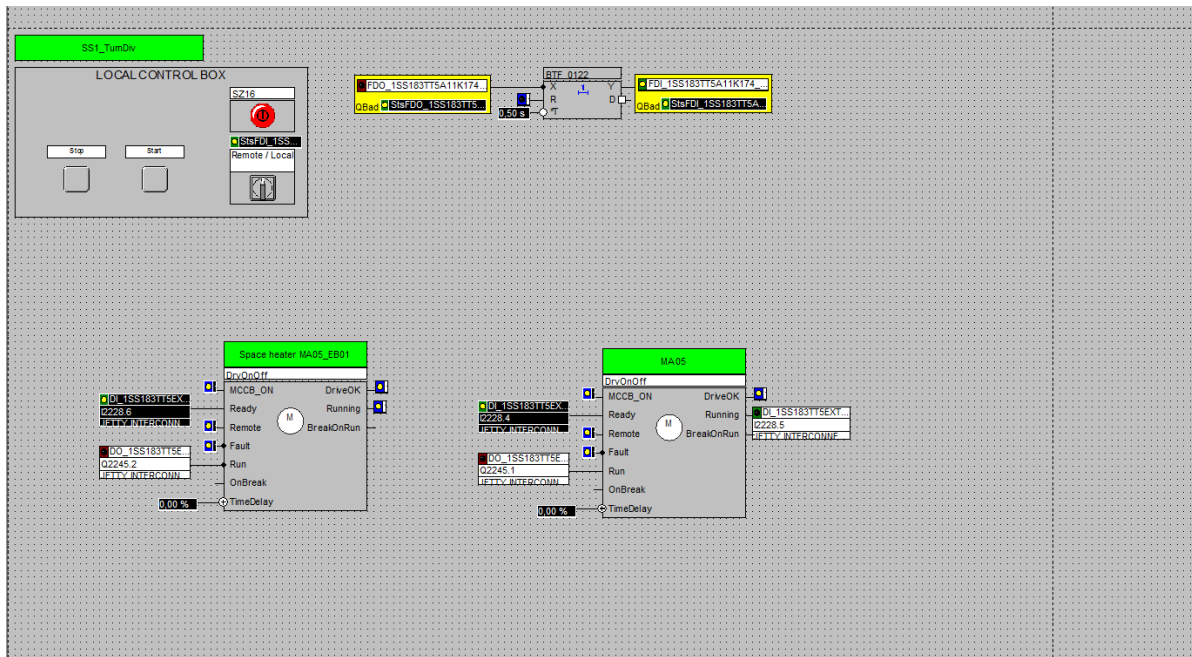
Simulace objektů pro DFB400



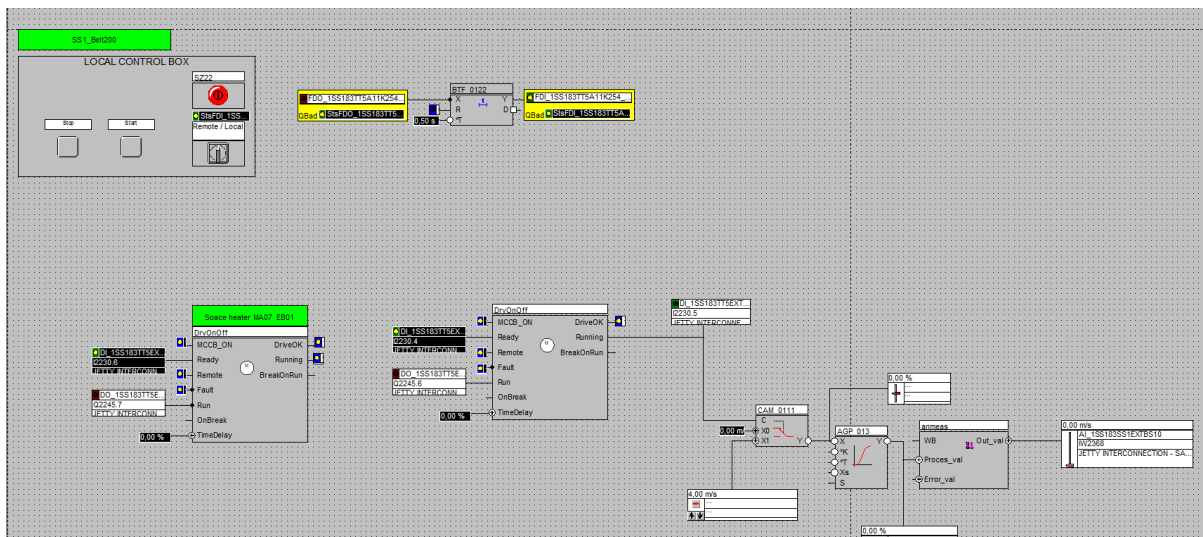
Simulace objektů pro ROT630



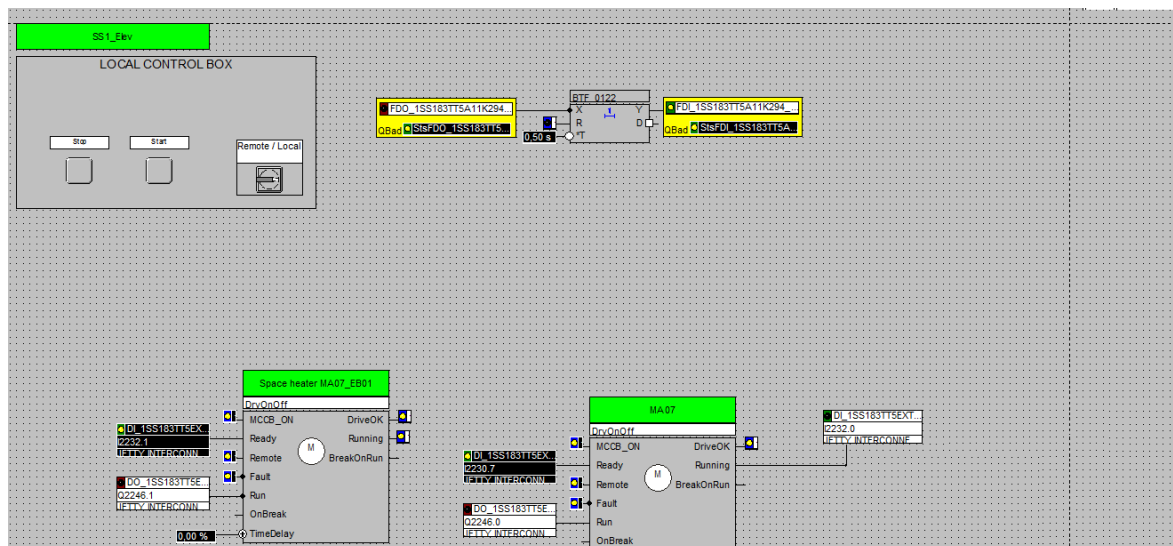
Simulace objektů pro EW30



Simulace objektů pro DKT390



Simulace objektů pro DFB200



Simulace objektů pro WB250